



Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer

- - -

Centre Technique Forestier Tropical

Superintendência
do Desenvolvimento do Nordeste

RAPPORT DE LA MISSION FRANCAISE D'EVALUATION DES ETUDES
ET RECHERCHES EN MATIERE DE RESSOURCES NATURELLES
AU NORDESTE DU BRESIL

Recife, Novembre 1974

TABLE DES MATIERES

	Pages
<u>INTRODUCTION</u>	
<u>CHAPITRE 1 - ETUDE DES SOLS</u>	5
1.1 - Introduction	5
1.2 - Examen de la situation actuelle	6
1.2.1. Etat de la cartographie	6
1.2.2. Caractéristiques morphologiques	6
1.2.3. Déterminations analytiques	7
1.2.4. Système de classement des sols	7
1.3 - Etudes fondamentales qu'on peut envisager	8
1.3.1. Connaissance des constituants	8
1.3.2. Connaissance des organisations	9
1.3.3. Connaissance du sol dans le paysage	9
1.3.4. Connaissance des relations sol/facteurs de formation	9
1.4 - Etudes à entreprendre pour améliorer l'utilisation du sol.	10
1.4.1. Cartographie détaillée	10
1.4.2. Evolution des sols cultivés	10
1.4.3. Augmentation du niveau de fertilité des sols	11
1.4.4. Influence du sol dans la spéculation agro-sylvo-pastorale	11
1.5 - Conclusions et recommandations	12
<u>CHAPITRE 2 - ETUDES ET RECHERCHES HYDROMETEOROLOGIQUES</u>	15
2.1 - Bilan des études et recherches	15
2.2 - Orientation pour le programme futur en hydrométéorologie	17
2.2.1. Inventaire des données hydrométéorologiques	17
2.2.2. Analyse des éléments du cycle hydrologique	18
2.2.3. Influence de l'homme sur le cycle hydrologique	19
2.2.4. Planification régionale d'utilisation de l'eau	20
2.2.5. Hydrologie appliquée aux aménagements hydrauliques	21

	Pages
<u>CHAPITRE 3 - ACTIONS FORESTIERES ET CONSERVATION DES SOLS</u>	23
3.1 - Introduction	23
3.2 - Etat des connaissances actuelles	24
3.3 - Propositions forestières dans la zone humide	26
3.3.1. L'étude des bois existants	27
3.3.2. La reforestation	27
a) techniques de plantation	27
b) les introductions d'espèces	27
c) étude économique	29
3.3.3. Inventaire et aménagement des forêts de babaçu	29
3.4 - Propositions forestières dans la zone semi-aride	30
3.4.1. Introduction	30
3.4.2. La régénération naturelle	31
3.4.3. Propositions forestières liées à l'élevage	31
a) étude des fourrages arborés	31
b) aménagement des terrains de parcours	32
c) plantations fourragères	32
3.4.4. Propositions liées à l'agriculture	32
3.4.5. Propositions en matière de reboisement	33
3.5 - Conservation des sols	34
3.5.1. Etude de l'érosion pluviale	34
a) inventaire de l'érosion dans le Nordeste	34
b) étude de l'agressivité des pluies	34
c) étude complète de l'érosion	35
3.5.2. Méthodes de lutte contre l'érosion	35
3.5.3. Etude intégrée d'un petit bassin aménagé	36
<u>CHAPITRE 4 - OCEANOGRAPHIE</u>	37
4.1 - Biologie des pêches et utilisation de ses données	37
4.2 - Aquaculture	39
ANNEXE : L'écho-intégration	41
<u>CHAPITRE 5 - RECHERCHES SOCIO-ECONOMIQUES</u>	49
5.1 - Observations sur les recherches réalisées	49

	Pages
5.1.1. Modes de présentation	49
5.1.2. Aspect quantitatif et qualitatif des études	49
5.1.3. Objectif essentiel des études	49
5.1.4. Contrôle des opérations sur le terrain	50
5.1.5. Cadre géographique des études	50
5.1.6. Recherche d'accompagnement	50
5.2 - Suggestions pour la poursuite des recherches	51
5.2.1. Nécessité d'une orientation méthodologique	51
5.2.2. Propositions pour un schéma de recherche	51
5.3 - Conclusion	53
<u>CHAPITRE 6 - CONCLUSION D'ENSEMBLE</u>	55

*
* *

A la demande du Département des Ressources Naturelles de la SUDENE, une mission française formée de quatre consultants de l'ORSTOM et d'un consultant du CTFT a séjourné dans le Nordeste du Brésil pour évaluer les travaux et recherches effectués dans le domaine des ressources naturelles par la SUDENE depuis sa création et pour formuler quelques recommandations concernant l'orientation à donner à ce thème dans le futur, en prenant comme base de référence le deuxième Plan National de Développement 1975-79.

Cette mission était composée de :

- P. COUTY, Maître de Recherches, Secrétaire Scientifique du Comité Technique d'Economie et de Démographie de l'ORSTOM,
- M. DELAIS, Directeur de Recherches, Président du Comité Technique d'Océanographie et d'Hydrobiologie de l'ORSTOM,
- J.C. DELWAULLE, Directeur du C.T.F.T. Niger-Haute-Volta,
- P. DUBREUIL, Directeur de Recherches, Chef du Département de la Recherche Appliquée en Hydrologie de l'ORSTOM,
- P. SEGALIN, Inspecteur Général de Recherches, Chef du Département Amérique Latine pour la Pédologie à l'ORSTOM.

La mission a séjourné dans le Nordeste du 20 octobre au 9 novembre 1974, sauf M. DELAIS qui n'est arrivé que le 31 octobre.

Les quatre Membres de la mission arrivés le 20 octobre ont eu plusieurs entretiens avec M. Sylvio CAMPELLO, Directeur du D.R.N. - entre autres les 21 octobre et 4 novembre - qui a tenu à définir les objectifs de la mission et auquel ils ont présenté les résultats de leur bilan et leurs recommandations.

Au cours de la semaine du 21 au 26 octobre, ces quatre consultants ont bénéficié sur les travaux effectués au D.R.N. dans les diverses disciplines d'exposés faits par :

- François Albert LAROCHE, Directeur-Adjoint du D.R.N.,
- Aydil Gusmão CARNEIRO DA SILVA, Chefe da Divisão de Hidrometeorologia,
- Sylvio Péricles de BARROS OLIVEIRA, Chefe da Divisão de Recursos Minerais,
- José Maria de ANDRADE PEREIRA, Chefe da Divisão de Recursos Renováveis^(*),
- José Geraldo PEDROSA DE MELO, Chefe da Divisão de Estudos Integrados.

De nombreux entretiens ont également eu lieu avec ces Chefs de Division et certains de leurs Collaborateurs.

* Sols et végétation.

La mission a étudié les principaux documents relatifs au bilan des activités du D.R.N. et au Plan National de Développement ainsi que les principales publications élaborées par la SUDENE, ou à sa demande, en matière de ressources naturelles, et qui ont été mises à sa disposition.

Le 25 octobre, la mission a effectué un voyage par la route dans les zones de la MATA et de l'AGRESTE(***) de l'Etat de PERNAMBOUC (Recife, Carpina, Limoeiro, Surubim, Caruarú, Gravatá, Recife) afin de reconnaître les types de sols, de végétation naturelle et d'observer les diverses occupations agro-sylvo-pastorales des sols.

Du 30 octobre au 2 novembre, la mission a effectué un voyage dans le Nordeste, partie en voiture, partie dans l'avion de la SUDENE :

- le 30 octobre par la route :

- . traversée d'une partie de l'aire prioritaire(*) des Tabuleiros Costeiros(**) de Recife à Maceió,
- . visite du Centre de l'Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal, IBDF, de Maceió,
- . visite du Centre d'insémination artificielle de la SUVALE (Superintendência do Vale do São Francisco) à Batalha (Alagoas).

- Le 31 octobre survol de la région sèche de la boucle du São Francisco de Penedo à Petrolina (Bahia) :

- . visite du projet d'irrigation de la SUVALE à BEBEDOURO près de PETROLINA,
- . survol de la région prioritaire d'Irêcé (Bahia),
- . visite de l'usine hydroélectrique de la CHESF (Companhia hidrelétrica do S. Francisco) à Boa Esperança sur le Parnaíba.

- Le 1er novembre : survol des aires prioritaires du Val du Gurguéia (Piauí) et d'Ibiapaba (Ceará) :

- . survol du bassin du Jaguaribe (Ceará), des réservoirs du Banabuiú, d'Orós et du périmètre irrigué de Lima Campos.

- Le 2 novembre, survol de l'aire prioritaire de la Chapada de Araripe (Ceará) :

- . visite du périmètre d'irrigation du DNOCS à São Gonçalo (Paraíba),

(*) l'aire prioritaire ou intégrée bénéficie d'un programme spécial d'aide au développement.

(**) Plateaux sur formations tertiaires de la zone littorale.

(***) Régions du littoral humide et de semi-altitude formant transition avec l'intérieur semi-aride (sertão).

- . visite d'une fazenda traditionnelle d'élevage et de culture sèche près de São Gonçalo,
- . survol de l'aire prioritaire du Serido (R.G. Norte).

Au cours de la semaine du 4 au 9 novembre, la mission a poursuivi ses entretiens avec les Spécialistes du DRN et certains Spécialistes d'autres Départements de la SUDENE et d'Organismes Publics.

M. DELAIS, en particulier, a eu des entretiens avec M. Paulo Fernando de OLIVEIRA BURGOS, Chefe da Divisão de Recursos Pesqueiros avec lequel il a visité - grâce à l'avion de la SUDENE - le 7 novembre, près de Natal :

- . le projet CAMARÃO d'élevage de crevettes en cours de développement par l'Etat du R.G. Norte, ainsi qu'un petit Centre d'Essai et de Recherche ayant le même but,
- . une entreprise particulière de pisciculture.

*

En dehors des Spécialistes du Département des Ressources Naturelles déjà mentionnés, la mission tient à remercier tous les Spécialistes qui ont bien voulu les recevoir et leur fournir d'intéressantes informations.

- A la SUDENE :

Dr. Clovis Aragão - Director do Departamento do Desenvolvimento Local

Dr. Inaro Fontana - Director do Departamento de Serviços Básicos
(Infraestruturas)

Dr. Ramiro Koatz - Director Assessoria de Irrigação

Dr. José Olímpio Marques Coelho - Chefe da Divisão de Estudos Demográficos, Emprego et Mão de Obra (D.R. Humanos)

Dr. Maria Lélia Octaviano Ferreira Rodriguez - Chefe do Grupo-Tarefa das Contas Regionais (Coordenação de Planejamento Regional)

Dr. José Ribamar - Técnico do Laboratório de Solos (Petrópolis-Ba)

Dr. Francisco Ézio de Sousa - Membre de la Commission des Aires Prioritaires Intégrées

Dr. Tupan Paiva Ferreira de Souza - Coordinateur Général du Projet CAMARÃO (R.G.N.).

- Hors de la SUDENE :

Dr. Olavo Machado - Delegado Estadual do I.B.D.F. - Maceió

Dr. Guaraci - Veterinário do Posto de Inseminação Artificial de
Batalha - SUVALE

Dr. Antonio Roberto de Araujo - Chefe do Projeto Autônomo do Bebedouro -
SUVALE

Dr. Edgar Rocha - Chefe da Hidrelétrica de Boa Esperança (CHESF)

Dr. Vianney Paulo de Oliveira - Chefe Adjunto da Divisão Regional de
Operação de Teresina (CHESF)

Dr. Zenon Alencar - Chefe do Projeto de Irrigação de São Gonçalo -
DNOCS

Dr. Paulo Klinger Tito Jacomine - Coordenador Técnico da Frente de
Trabalho da Região Nordeste (Centro de Pesquisas
Pedológicas (EMBRAPA)*)

Enfin la Mission Française tient à remercier tout particulièrement les deux Assesseurs Techniques du DRN Drs. ISAIAS VASCONCELOS DE ANDRADE et RUY NOBREGA qui durant les trois semaines de séjour se sont dépensés sans compter pour organiser visites et réunions et pour assurer d'excellentes conditions de travail. Que soient remerciés, avec eux, tous ceux, pilotes d'avion, interprètes, dactylographes et chauffeurs qui ont contribué à la réussite matérielle du programme dévolu à la mission.

*

M. Le Superintendant Dr. JOSE LINS DE ALBUQUERQUE a bien voulu accorder une audience à la Mission Française le 8 novembre.

Le porte-parole de la Mission lui a exposé les conclusions auxquelles elle était arrivée dans les secteurs de recherche qu'elle a examinés et les propositions qu'elle suggère pour faciliter la programmation et l'orientation de la recherche dans les années à venir.

M. Le Superintendant a exprimé de manière détaillée les objectifs du développement régional et le rôle qu'il souhaitait voir jouer à la recherche dans ce développement.

* Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias.

CHAPITRE 1

ETUDE DES SOLS

1.1. Introduction :

L'étude des sols de la région du nord-est du Brésil peut se concevoir à trois niveaux différents :

- une définition complète et précise de toutes les catégories de sols où l'on associe à l'étude de toutes les caractéristiques actuelles, celle des facteurs de leur formation ; autrement dit, on s'efforce de définir et d'expliquer aussi bien que possible les sols en recherchant les causes dont ils relèvent. Une classification ordonnée des sols doit se situer à ce seul niveau.
- Etablir une liste de sols limitée à la seule région du nord-est, suivant des critères variés, mais qui paraissent le mieux convenir aux objets étudiés et les énumérer dans un ordre quelconque. Les critères retenus seront faciles à utiliser sur le terrain, comme au laboratoire. On établira, dans ce cas, un classement des sols qui permettra de les comparer à distance. On s'en servira pour en déterminer les potentialités d'utilisation.
- Une fois le sol nommé, et ses caractéristiques essentielles fixées, on orientera délibérément les travaux sur les utilisations possibles en fonction des caractéristiques mêmes des sols, suivant le mode d'utilisation qu'on lui destine.

Les études sur les sols dans le nord-est sont apparues relever à peu près uniquement de la 2ème catégorie et limitées à un inventaire au niveau exploratoire. Très rarement, il n'est apparu de souci de relier les sols du nord-est à l'ensemble des sols du monde intertropical et de faire progresser les connaissances sur la nature même des sols et de leur origine. Les études de sols sont restées au niveau de l'inventaire, dans le strict respect d'un certain nombre de règles de classement et en utilisant un vocabulaire très particulier. Assez souvent, des tentatives ont été faites pour perfectionner les connaissances des sols en vue d'une utilisation des sols.

L'on examinera successivement :

- le système utilisé actuellement avec quelques observations permettant de le perfectionner,
- les études fondamentales qui permettraient de l'élargir et de lui donner une meilleure efficacité,
- les études à entreprendre pour améliorer l'utilisation pratique des sols.

1.2. Examen de la situation actuelle :

1.2.1. La cartographie des sols du nord-est est en cours d'achèvement. De grandes superficies ont déjà été levées, les échantillons prélevés et analysés, les rapports et cartes publiés. C'est un travail considérable qui n'aura pas véritablement d'équivalent dans le monde intertropical. Les échelles retenues pour la carte exploratoire variant du 1/400 000 au 1/1 000 000. Les premières cartes ont été établies état par état et les limites ne sont pas faciles à faire coïncider. Les dernières cartographies sont celles qui ont été effectuées grâce au projet RADAM. Les résultats en paraissent très encourageants. Il va de soi qu'un tel travail n'est valable que si une reconnaissance au sol, de bonne qualité, permet d'identifier correctement les unités reconnues sur les documents photographiques.

Lorsque toute la cartographie sera achevée, on s'apercevra que ces documents de nature différente, de contours, d'échelles variables, en rendront l'utilisation malaisée.

- Il faudra alors en faire une impression unique suivant un découpage géométrique régulier qui permettra de transcender les frontières des états qui, le plus souvent, sont rarement en relation avec les faits pédologiques.
- Il faudra également faire une réduction à une échelle plus petite (1/5 000 000 p. ex.) qui permettra d'avoir une vue synthétique et globale de l'ensemble du nord-est sur un document de faible taille et de maniement facile lorsqu'on voudra traiter de problèmes généraux à l'échelle de la région.

1.2.2. Une importance considérable a été donnée à certaines caractéristiques morphologiques comme : le résultat du lessivage reconnu par l'existence d'un "B textural", l'importance de l'association des couleurs rouge et jaune "vermelho e amarelo" etc.. Certes, de très nombreux sols du nord-est sont effectivement lessivés et les couleurs jaune et rouge sont très souvent dominantes. Mais, ...

- on a abusé me semble-t-il du mot "podzolique" qui s'applique à de nombreux sols très différents des "podzols" présents aussi en différents points de la côte,
- on a couvert de l'adjectif "podzolique" divers sols ayant un B textural et présentant des différences de genèse très importantes,
- par ailleurs des sols ayant un B textural comme les "Terra Roxa estruturada", les "solonetz" font l'objet de catégories à part.

Pour l'identification des "latosols", on fait appel aux caractères de friabilité de l'horizon B, au rapport K_i inférieur à 2,0, tandis que les "Podzolics vermelho amarelo" ont une structure en "blocos retangulares", mais parfois aussi un K_i inférieur à 2,0. Dans les deux cas, on assiste à une augmentation du même ordre de la teneur en argile dans le B. Aussi, il me semble que les critères retenus ne sont pas de nature à permettre l'identification la meilleure de ces sols.

- on a fait référence à un certain nombre de types d'horizons A, mais parallèlement, aucun effort identique n'a été tenté pour définir des horizons B tout aussi importants sinon plus que les précédents.

On pourrait donner d'autres exemples de ce genre. Aussi me semble-t-il qu'un effort de rationalisation de la description morphologique, de la définition d'horizons caractéristiques et des unités pédologiques doit être tenté.

1.2.3. A l'appui des descriptions morphologiques viennent de nombreuses déterminations analytiques. Un certain nombre d'entre elles appellent des remarques :

- dispersion du sol à l'hydroxyde de sodium. Cet agent est-il le plus efficace ? Il en existe de bien meilleurs comme ceux qui font intervenir divers anions phosphate (pyrophosphate, hexamétaphosphate de sodium, etc.), on a recours dans certains cas à une vibration ultrasonique,
- les méthodes d'extraction des bases échangeables, de la capacité d'échange ne m'apparaissent pas les meilleures possibles et de nature à donner des résultats indiscutables : recours à plusieurs extractants pour les bases, addition de S + H + A1 pour avoir la capacité d'échange,
- le recours aux rapports silice/alumine et silice/hydroxydes est long et ne donne que des résultats de valeur très limitée (et parfois calculés de manière erronée !).

La caractérisation analytique des sols est sans cesse en progrès (du moins, on l'espère ainsi). Certaines méthodes utilisées ici sont certainement dépassées. Mais, il serait par ailleurs vain de croire qu'il existe un ensemble de techniques valables pour tous les sols du Nordeste. Il est permis de penser que certaines techniques sont bonnes pour certains sols et ne conviennent pas pour d'autres. Une adaptation constante doit être réalisée.

1.2.4. Le système de classement utilisé est de toute évidence empirique et résulte du choix de certains critères de certains vocables de divers systèmes actuels ou du passé. Ceci est possible si une définition claire des positions adoptées est fournie. Il n'a pas été possible d'avoir accès au système de base. Certaines définitions sont transmises simplement d'un rapport à un autre.

Tout système actuel de classification comporte des unités supérieures, moyennes et inférieures, basées sur des critères hiérarchisés. Le système brésilien ne comporte pas d'unités supérieures, mais seulement moyennes et inférieures. C'est pourquoi il doit être considéré comme une liste d'unités de sols, à la manière de celle de la F.A.O. Toutefois, on ne peut accéder au même degré de précision à toutes les échelles. Si aux grandes échelles, on peut descendre jusqu'à la phase, cela n'est guère concevable aux petites échelles. Or c'est ce qu'on constate sur toutes les cartes.

En ce qui concerne les unités utilisées, quelques remarques me paraissent nécessaires :

- le sol "podzolico vermelho amarelo" m'apparaît beaucoup trop vaste et mérite d'être subdivisé,
- le vertisol est caractérisé avant tout par une argile gonflante, le caractère calcaire n'est qu'accessoire,
- la différence entre "solonetz solodizado" et "planosol sodico" est basée sur le taux de sodium fixé sur le complexe absorbant. Morphologiquement, ils apparaissent très proches, alors pourquoi deux noms aussi différents,
- les "solos quartzosos profundos" couvrent des étendues considérables. En fait, ils présentent une différenciation morphologique très nette et méritent d'être rattachés à d'autres catégories mieux déterminées,
- les "solos concrecionarios tropicais" auraient besoin eux aussi d'être mieux précisés.

Il apparaît donc que le système utilisé dans le nord-est pour le classement des sols dans le but d'inventaire n'échappé pas, comme tous les systèmes du même genre, à diverses critiques. Un certain nombre de modifications sont nécessaires pour qu'il puisse se transformer en un système de classification hiérarchisé. Dans ce domaine, l'appel à des pédologues étrangers pour participer à des tournées de corrélation doit porter ses fruits, il est intéressant pour les pédologues brésiliens de connaître les opinions d'autres écoles pédologiques que la leur.

1.3. Etudes fondamentales qu'on peut envisager :

Le système brésilien ne peut valablement se perfectionner et s'élargir que si diverses voies de recherches sont explorées, non pas dans un but académique, mais pour mieux comprendre les phénomènes qui ont permis la formation et les transformations ultérieures des sols du nord-est, et obtenir une meilleure utilisation des sols.

1.3.1. Connaissance des constituants du sol et de leurs organisations :

Il est tout à fait caractéristique d'observer que dans les sols du nord-est brésilien, il n'est pas fait mention de l'altération, c'est-à-dire de l'ensemble des processus qui transforment les minéraux primaires des roches en minéraux secondaires des sols (dissolution, hydrolyse, oxydo-réduction, chélation). Pourtant, en zone intertropicale, ces processus sont particulièrement importants et l'emportent, me semble-t-il, sur tous les autres processus tels que lessivage, accumulation de matière organique etc.. La formation de produits de sol, leur ordre d'apparition, leur importance numérique, leur disposition à l'échelle cristalline, de l'agrégat, de l'horizon est de nature à mieux faire comprendre la genèse et la morphologie des sols⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Il n'est jamais fait référence aux revêtements argileux.

Les différents rapports pédologiques mettent un accent particulier sur l'identification des roches-mères. De même, un effort tout spécial est fait pour identifier les minéraux résiduels de la fraction sableuse. On peut regretter qu'un effort identique n'ait pas été fait pour identifier les constituants secondaires des sols. Il est rappelé qu'il s'agit essentiellement des sols, des sesquioxydes de fer et aluminium, des minéraux argileux. Actuellement, il existe de bonnes méthodes chimiques qui permettent d'estimer les quantités d'oxydes de fer. Il existe également des appareils permettant l'identification des minéraux argileux (et les sesquioxydes de Fe et Al). Outre l'analyse thermique différentielle, la diffraction des rayons X est certainement la technique qui permet d'obtenir rapidement les meilleurs résultats. Il est possible ainsi de se passer de certaines déterminations chimiques (comme la détermination du rapport Ki), assez aléatoires, et de concevoir une classification des sols beaucoup mieux structurée. La diffractométrie de rayons X est dès maintenant utilisée dans la grande majorité des laboratoires des sols.

1.3.2. L'examen de la microstructure des sols, c'est-à-dire de l'organisation des constituants à l'échelle microscopique est maintenant rendue possible grâce aux techniques micromorphologiques qui permettent de figer le sol dans une matière plastique et de tailler une lame mince analogue à celle des roches. Il est ainsi possible de voir comment s'organisent les différents constituants et de voir les dépôts et les accumulations de substances. Toutes ces techniques appliquées à des échantillons extraits de profils fournissent des renseignements particulièrement valables sur la genèse du sol et le développement du profil.

1.3.3. Connaissance du sol dans un paysage. Un sol ne doit pas être considéré comme une entité isolée, mais comme faisant partie d'une suite continue de sols qui évoluent ensemble dans un paysage. Chaque sol est influencé par celui qui le précède sur une pente et à son tour influence ceux qui lui succèdent. Par conséquent, l'examen non seulement d'un sol, mais d'une séquence ordonnée sur une pente est tout à fait instructif. Les relations entre les sols et la géomorphologie sont particulièrement importantes. Dans la plupart des textes sur les sols du nord-est, la géomorphologie fait l'objet d'un chapitre séparé, mais sans que les relations sols-paysages soient seulement effleurées. Or, dans le nord-est il y a, me semble-t-il, des études particulièrement fructueuses à effectuer dans ce domaine. En effet, il existe des masses tabulaires, restes d'étendues beaucoup plus considérables, terminées par des escarpements parfois très brutaux auxquels succèdent des pédiplains. L'étude de la position des sols sur les différents éléments du paysage est certainement de nature à fournir des enseignements importants sur la genèse et la cartographie des sols.

1.3.4. Connaissance des rapports entre le sol et les facteurs de formation du sol :

Il est enseigné généralement que les sols sont sous la dépendance de facteurs de formation comme climat, roche-mère, facteurs biotiques,

drainage, temps. Le climat est considéré comme le plus important puisque c'est lui qui détermine, associé au temps, l'altération préalable à toutes les pédogenèses. Le nord-est présente, à cet effet, des anomalies évidentes. Dans des zones très sèches de l'intérieur de la région, on trouve en abondance des latosols. Or, ceux-ci sont généralement considérés comme formés sous des climats très humides. A proximité, on trouve des sols bruns, des solonetz. Par contre, dans certaines régions humides (près de Salvador) on trouve des vertisols généralement considérés comme propres à des climats à alternance saisonnière accentuée. Il y a donc ici de nombreux problèmes fondamentaux sur les relations sols-climats qui méritent un examen approfondi.

Dans les trois domaines envisagés de multiples travaux peuvent être entrepris qui doivent permettre une meilleure connaissance des sols, de leur genèse, de leur histoire. Ils permettront de mieux expliquer, comprendre et prévoir leur comportement lorsqu'ils seront mis en valeur.

1.4. Etudes à entreprendre pour améliorer l'utilisation des sols :

La cartographie exploratoire va prendre fin prochainement. Elle doit donner lieu à une synthèse générale. Il doit lui succéder une cartographie à plus grande échelle destinée à permettre une meilleure connaissance des sols d'intérêt agricole évident. Cette échelle peut être comprise entre 1/50 000 et 1/200 000 pour un secteur plus ou moins important. Lorsque l'on veut connaître parfaitement les sols d'un périmètre (d'irrigation par exemple), l'échelle doit être beaucoup plus grande encore (1/5 000 à 1/20 000).

Le choix des zones à cartographier de l'une ou l'autre manière doit répondre à des impératifs variés tels que : plaine irrigable à proximité d'un fleuve ou bien facile à atteindre par un canal ; zone de forte densité de population ; zone où l'élevage ou une culture déterminée est à développer.

Cette cartographie ne peut évidemment pas être menée de la même manière que les levés précédents. Elle doit être accompagnée par des mesures particulières sur les sols.

Ces mesures de terrain ou de laboratoire doivent porter surtout sur les rubriques suivantes : matière organique, propriétés physiques, les propriétés hydriques, les teneurs en sels. En effet, il apparaît que ce sont ces données qui permettent le mieux de caractériser le sol en vue de déterminer ses aptitudes générales. Il va de soi que les autres caractéristiques telles que épaisseur du sol, pente, richesse en pierres, interviennent également dans cette appréciation.

Ces données statiques doivent être accompagnées de déterminations dynamiques qu'on peut résumer sous la rubrique :

1.4.2. Etude de l'évolution des sols cultivés. Les sols cultivés peuvent l'être suivant les techniques traditionnelles qui comportent un

défrichement par le feu suivi de quelques années de cultures, ou bien suivant des techniques agricoles plus élaborées qui comportent le recours à des engins mécaniques (emploi de tracteurs, de charrues, herse, etc.). Ces différentes techniques agricoles s'accompagnent très souvent et très rapidement de pertes brutales de matière organique, (C et N), de bases, de terre fine ; elles peuvent s'accompagner de modifications défavorables de la structure des sols ; elles peuvent s'accompagner de phénomènes de toxicité dus à l'aluminium ou au manganèse. Elles peuvent déclencher des manifestations spectaculaires ou non de l'érosion. Dans les périmètres irrigués, des manifestations de salinisation peuvent apparaître (augmentation des sels solubles, du sodium fixé sur le complexe absorbant, modification de la structure, etc.). Toutes ces modifications doivent être suivies avec soin de manière à pouvoir proposer des mesures appropriées pour combattre les effets défavorables de la mise en culture telles que mesures anti-érosives classiques (cf. chap. 3.5), l'incorporation de matières organiques, de chaux etc.. Il faut également surveiller attentivement le système de drainage, proposer les espacements les meilleurs pour les drains, veiller à ce que la nappe phréatique soit suivie de près et maintenue à un niveau suffisamment bas.

Toutes ces mesures sont destinées à la conservation des propriétés initiales du sol et freiner voire supprimer les détériorations qui peuvent accompagner la mise en culture. Mais il est évident aussi que beaucoup de sols ont un niveau de

1.4.3. Fertilité relativement bas au départ. Ceci résulte du fait que les sols comme les latosols ont subi une très longue évolution qui fait que les éléments fertilisants disponibles sont très peu abondants et que les réserves de minéraux altérables sont faibles. Ceci résulte également du fait que les roches d'origine continentale (grès, argillites etc.) occupent des étendues considérables et que, quelle que soit l'évolution pédologique qui les ait concernés, leur contenu initial en éléments fertilisants est faible.

Par conséquent, aucun développement ne se fera sans une étude précise de l'application d'éléments fertilisants tels que les N, P et K traditionnels, mais aussi d'oligo-éléments qui peuvent manquer à beaucoup de sols. Enfin, il n'est pas inutile de rappeler que l'acidité de beaucoup de sols est due à l'aluminium échangeable et que l'addition de chaux se traduit et par la suppression de ces ions, et par une augmentation souvent spectaculaire des rendements des cultures.

1.4.4. Enfin, le choix des spéculations agro-sylvo-pastorales est fonction d'impératifs climatiques, économiques, ou politiques qui sont plus contraignants, souvent, que ceux du sol. Cependant, il n'est pas sans utilité de rappeler que :

- les sols profonds bien arrosés peuvent porter des cultures arborées pérennes telles que cocotiers, palmiers à huile, arbres fruitiers. Dans les zones planes, la culture mécanique de la canne à sucre est possible, mais que dans un relief tourmenté, la mécanisation est difficile et doit être suppléée par une main d'oeuvre abondante,

- les sols peu profonds doivent pouvoir être réservés aux pâturages,
- les sols très plats non irrigables des régions plus sèches sont à réserver aux cultures annuelles à cycle court : haricots, coton, arachide etc.,
- les sols très plats irrigables des régions plus sèches sont à réserver au riz, coton, bananes etc.,

Il va de soi que seules des indications très générales peuvent être données ici, mais que divers essais doivent être tentés dans une région et sur un sol donné afin d'obtenir les meilleures informations sur les résultats qu'on peut attendre d'une culture déterminée.

1.5. Conclusions et recommandations :

Les études du sol dans le nord-est du Brésil se sont depuis de nombreuses années engagées dans la voie pragmatique, mais étroite, de l'inventaire des sols. Un système de classement, appuyé sur des caractéristiques morphologiques déterminées et spécialement importantes dans le nord-est (lessivage en particulier), et sur des caractéristiques analytiques particulières a été utilisé. Le premier travail exploratoire est très avancé, il a été effectué soit par les méthodes traditionnelles, soit à l'aide de photos radar. Il va prendre bientôt fin. Quelles sont à ce stade les orientations que l'on pourrait envisager pour les études de sol ?

- 1 - Achèvement et synthèse. En raison de l'hétérogénéité de formats, des contours, des échelles utilisés pour cette première étude exploratoire, il sera certainement utile de choisir une échelle unique et un format identique pour une bonne présentation des résultats.

A ce moment, et dès maintenant même, deux nouvelles orientations différentes sont possibles. La première tend à approfondir les connaissances que l'on a des sols. Cet approfondissement pourrait porter sur les points suivants :

- 2 - Connaissance des constituants minéraux des sols, essentiellement des sesquioxydes de fer et aluminium, des minéraux argileux, des sels. Le recours à des appareils permettant l'analyse thermique différentielle, ou la diffraction des rayons X est alors indispensable.
- 3 - L'organisation des constituants dans les agrégats et les horizons peut être également envisagée en recourant aux techniques micromorphologiques.
- 4 - Ces connaissances nouvelles peuvent remplacer ou compléter certaines déterminations analytiques. Jointes aux observations morphologiques traditionnelles, elles pourraient servir à la mise au point d'une véritable classification des sols.

Une fois les données résultant d'observations et de mesures obtenues, les sols convenablement classés, on peut envisager de tenter la compréhension des phénomènes. Dans le nord-est, deux voies sont possibles.

- 5 - La recherche des relations sols-paysages doit être particulièrement fructueuse par l'étude des rapports entre les sols et la géomorphologie et non par la juxtaposition des études des sols et formes du relief.
- 6 - La recherche des relations sol-facteurs de formations est également très prometteuse, car il y a manifestement discordance entre certains sols et le contexte bioclimatique actuel.

Les résultats obtenus par les travaux précédents doivent être complétés par ceux que doivent fournir les études relatives à l'utilisation des sols. Ceux-ci doivent pouvoir s'orienter dans les directions suivantes.

- 7 - Cartographie plus détaillée des sols à des échelles variant suivant les objectifs, entre 1/200 000 et 1/50 000 d'une part, et 1/20 000 et 1/5 000 d'autre part. Elle doit permettre de mieux connaître les limites des sols et leurs caractéristiques physiques et chimiques.
- 8 - L'étude de l'évolution des sols sous culture. La mise en culture provoque des variations de certaines caractéristiques des sols telles que matière organique et azote, bases échangeables, terre fine, structure, etc.. La mise sous irrigation de certains sols peut se traduire par des modifications de structure et de la répartition des sels solubles dans les profils.
- 9 - Augmentation du niveau de fertilité, parfois très bas. Elle nécessite l'étude des effets d'applications de N, P et K mais aussi d'oligo-éléments, l'étude de l'application de chaux sur les teneurs en aluminium échangeable responsable de certaines toxicités.
- 10 - Influence des différentes propriétés des sols sur le choix des spéculations agro-sylvo-pastorales.

CHAPITRE 2

ETUDES ET RECHERCHES HYDROMÉTÉOROLOGIQUES

2.1. Bilan des études et recherches :

Ce bilan est dressé à partir de l'examen du document "Recursos Naturais do Nordeste. Investigaçãõ e potencial (sumário)" - Dez. 1972, puis des publications réalisées par, ou pour le compte de, la SUDENE qui nous ont été communiquées, enfin des entretiens avec le Dr. Aydil Gusmão, Chef de la Division d'Hydrométéorologie.

Ce bilan, condensé en neuf points, présente en parallèles les résultats obtenus d'une part et les lacunes ou insuffisances d'autre part.

- 1 - Reprenant les stations d'observations souvent en service depuis le début du siècle sous l'impulsion principale du DNOCS mais dont l'objectif limité était de servir à la politique de constructions de réservoirs dans le polygone de la sécheresse, la SUDENE a développé et intensifié la mise en place de véritables réseaux hydrométéorologiques depuis 1960 qui ont atteint aujourd'hui des densités, à première vue, satisfaisantes.

Ces réseaux ont été gérés selon des techniques correctes mais la gestion semble avoir été trop centralisée - à des responsables stables de secteurs déterminés, on a préféré des contrôles épisodiques par des techniciens en tournée depuis Recife.

Le transfert actuellement envisagé de ces réseaux à d'autres Organismes risque de provoquer une baisse provisoire de qualité et sûrement une rupture dans la continuité de la gestion avec un personnel compétent (comme celui que la SUDENE avait formé) qui est la base de toute bonne hydrologie.

- 2 - Un remarquable effort récent a été fait pour rendre accessibles les principales données disponibles (hauteurs mensuelles de précipitations et débits journaliers) en publiant des recueils de données brutes.

L'absence d'analyse critique de ces données brutes au fur et à mesure de leur obtention - par une politique d'annuaires entre autres - a accumulé un énorme retard. L'utilisation de l'ordinateur et la mobilisation de toute la Division d'Hydrométéorologie, depuis déjà 2 ans, vont permettre de combler ce retard tout en assurant la mise sur bandes magnétiques des banques de données critiquées ainsi élaborées. Achever cette élaboration et ne plus tolérer de retard pour l'analyse critique dans l'avenir sont des objectifs prioritaires.

- 3 - De ce fait, il y a eu très peu de monographies hydrologiques^(*) constituant la synthèse des fichiers critiqués à l'échelle d'un bassin hydrographique en matière de caractères climatiques et de ressources en eau - Si les fichiers critiqués sont la base de l'analyse hydrologique et en particulier de toutes les études spécifiques d'aménagement, les monographies fournissent la matière première aux travaux de planification et de préfaisabilité des aménagements. Dès que l'on possède plus de 10 ans d'observations en réseaux, l'élaboration de monographies s'impose pour tous les bassins importants.
- 4 - Quelques rares bassins représentatifs ont été exploités jusqu'ici, mais une planification d'implantation réalisée en 1974 va permettre de développer rationnellement cette technique qui comble le vide laissé par les réseaux aux échelles d'espace inférieur à 1.000 km² et de temps inférieur à 24 h, auxquelles peuvent seulement être étudiées et résolues les relations entre causes et effets dans le cycle hydrologique (volumes écoulés, crues, étiages, infiltration, mouvements de l'eau dans le sol...).
- 5 - L'hydrologie agricole au niveau du champ et de la parcelle - conservation et gestion rationnelle du sol et de l'eau retenue ou à retenir dans celui-ci - peu développée, si ce n'est négligée jusqu'alors, ainsi que l'influence de l'homme sur le cycle hydrologique vont devoir être rapidement étudiées de manière approfondie maintenant que l'intensification de l'agriculture, l'emmagasinement en réservoirs et la croissance de l'urbanisation atteignent des seuils critiques.
- 6 - L'inventaire des ressources en eaux souterraines est presque terminé à petite échelle. A côté d'un travail cartographique systématique bien réalisé, on remarque également que les ressources exploitables et les qualités des eaux ont été évaluées correctement par les techniques classiques (inventaire des puits, forages, essais de pompage, géophysique, bilans d'alimentation de bassins sédimentaires, etc.) et qu'en termes d'inventaire de base peu de lacunes subsistent.
- 7 - A côté des réseaux hydrométéorologiques principaux (évaporométrie, pluviométrie et hydrométrie), les réseaux secondaires ou spécialisés ont été peu développés ou négligés : agrométéorologique, piézométrie, éléments dissous ou transportés par les eaux. On relève seulement en ces domaines quelques études ou analyses localisées dans le temps et l'espace mais pas encore de vrais réseaux.
- 8 - Le caractère sectoriel des études hydrométéorologiques semble avoir été trop accusé bien qu'une politique récente d'études intégrées ait cherché à l'éviter. Les études climatologiques de synthèse à l'échelle régionale sont encore rares. Les ressources en eau superficielle et en eau souterraine sont inventoriées séparément. La confrontation entre les ressources en eau (pluie, débit, nappe...) et la demande des utilisateurs indispensable en matière de planification s'impose.

(*) Acarau, Contas, Jaguaribe, Piranhas...

- 9 - Enfin l'hydrologie appliquée aux aménagements est volontairement concédée aux bureaux d'études sans qu'une méthodologie opérationnelle constituant une ligne générale d'action ait été élaborée afin de rendre plus homogènes donc comparables les résultats des bureaux d'études.

En matière de conclusion, on peut situer ce bilan des études et recherches hydrométéorologiques vis-à-vis des trois niveaux schématiques d'intervention dans le processus du développement, ceux de l'inventaire, de la planification et de la mise en valeur.

C'est au premier niveau, celui de l'inventaire, que la SUDENE a fait porter son effort durant la période s'achevant en 1975.

Les résultats sont là, qu'il reste à achever, à poursuivre ou à intensifier selon les domaines (eau souterraine, débits des rivières, transports solides etc.).

Au deuxième niveau, celui de la planification au sens large (plan, aménagement du territoire, protection de l'environnement) on note quelques résultats (monographies de bassin, potentialité hydrogéologique...) mais aussi beaucoup de secteurs qui vont devoir être examinés en priorité dès maintenant (hydrologie analytique et statistique des petits bassins et des parcelles en vue de dégager des relations de cause à effet entre paramètres du cycle hydrologique naturel ou influencé).

Au troisième niveau, celui de la mise en valeur, toute la méthodologie de l'hydrologie appliquée aux aménagements reste à entreprendre.

2.2. Orientation pour le programme futur en hydrométéorologie :

Ces orientations sont données évidemment comme une suite logique du bilan des études et recherches déjà réalisées.

Elles ont été inspirées également par la lecture du document relatif au "IIIème Plan National de Développement, 1975-79. Actions du Gouvernement. Région du Nordeste", et par les divers entretiens avec les spécialistes de la SUDENE et d'autres Organismes tenus à Recife et à l'occasion de la visite de quatre jours dans le Nordeste.

Ces orientations sont classées selon les trois niveaux d'intervention dans le processus de développement. Elles s'appliquent tantôt à l'ensemble des ressources en eau, tantôt seulement à certaines d'entre elles et alors elles seront l'objet de sous-rubriques spécifiées.

2.2.1. Inventaire des données hydrométéorologiques :

Il s'agit ici soit de conclure, soit de poursuivre en précisant, soit d'étendre l'inventaire existant.

Conclure l'inventaire en matière d'eaux souterraines à l'échelle de la cartographie entreprise.

Poursuivre et préciser l'inventaire hydrométéorologique (essentiellement pluie, évaporation, débit), car les phénomènes étant aléatoires, l'inventaire ne saurait s'achever : les réseaux sont permanents. L'implantation des postes de ces réseaux pourrait être planifiée (voir ce qui a été fait pour les bassins représentatifs) et rationalisée (choix d'un optimum à partir des fichiers de données critiqués et analysés sous l'angle statistique). La gestion devrait être décentralisée et la présence sur le terrain accrue. Le traitement informatique des données doit être accéléré et généralisé et l'analyse critique des fichiers de données brutes effectuée chaque année, sans retard, afin que le maximum d'informations fiables soit aisément accessible à tout utilisateur opérant aux deuxième et troisième niveaux.

Enfin étendre l'inventaire en réseau aux paramètres jusqu'ici négligés : éléments dissous et en suspension dans les rivières, les réservoirs, les nappes souterraines. En réseau, ce qui veut dire en procédant à des mesures périodiques en des points choisis.

Préciser l'inventaire, cela veut dire améliorer la connaissance de la ressource, par exemple en distinguant parmi les débits observés ceux qui sont naturels ou peu influencés, de ceux qui sont fortement influencés (importants réservoirs dans le bassin) et dont on peut essayer de reconstituer la chronique naturelle.

2.2.2. Analyse des éléments du cycle hydrologique :

Il s'agit ici à la fois de la valorisation des données inventoriées et de la mise en oeuvre de méthodologies d'études détaillées et précises appliquées aux échelles restreintes de temps (court) et d'espace (parcelle, petit bassin).

Les monographies hydrologiques de bassin doivent être intensifiées. Il faudrait s'efforcer d'y faire la synthèse des ressources en eau sous leurs diverses formes (pluie, rivière, nappe) sans en privilégier aucune et en préparant la planification de l'usage de l'eau.

Elles peuvent, pour servir cette planification, être moins développées que ne le fut celle du Jaguaribe, mais il importe qu'elles soient établies à partir des fichiers critiqués par souci d'homogénéité si l'on veut pouvoir faire une vraie synthèse régionale de la ressource en eau.

Les études sur bassins représentatifs déjà planifiées vont être développées. Il importe qu'une présence technique continue sur le terrain garantisse la qualité des données et que les analyses d'interprétation s'effectuent sans tarder, une synthèse ne pouvant intervenir valablement qu'après environ cinq années.

Cela conduira à aborder la technique des modèles mathématiques, de préférence déterministes, dont l'emploi valorisera l'information collectée et dont l'utilisation pratique pourra être fructueuse (prévision de crue, calcul de données hydrologiques de projet, etc.).

Sur les bassins représentatifs, il ne faudra négliger aucun élément du cycle hydrologique (éléments dissous et en suspension...). Il serait bon de développer l'étude de l'humidité du sol par les techniques neutroniques, aussi bien comme paramètre de l'écoulement qu'en soi (évolution annuelle de la teneur en eau des divers types de sol et de couvert végétal).

Dans le même ordre d'idées, en matière d'eau souterraine, il serait bon d'aborder la technique des modèles de fonctionnement d'aquifère, à l'occasion par exemple d'un bassin représentatif orienté sur le thème "alimentation de nappe", afin que cela serve s'il faut un jour avoir à optimiser l'exploitation intensive d'une nappe.

Enfin en matière de climatologie, où les recherches sont en retard, il serait bon de mettre en avant les sujets suivants :

- déterminisme éventuel et essai de prévision des sécheresses du Nordeste par le biais de modèle dynamique de circulation des masses d'air complété d'analyses par processus d'auto-corrélation dans les chroniques pluviométriques (déjà envisagé lors d'un récent séminaire tenu à Fortaleza sur la recherche dans la zone semi-aride),
- bioclimatologie physique et végétale à l'aide de stations expérimentales, afin de préciser la valeur de l'évapotranspiration réelle d'une nappe d'eau libre ou d'un couvert végétal (application aux modèles déterministes et aux confrontations ressources-besoins en eau),
- formes et structures des précipitations en termes d'intensités et de durées à partir des enregistrements sur pluviographes (application aux problèmes d'érosion et d'assainissement urbain, entre autres).

2.2.3. Influence de l'homme sur le cycle hydrologique :

Il s'agit ici de préciser certains sujets et certaines méthodologies utilisables dans l'analyse des éléments du cycle hydrologique naturel, mais qui sont plus particulièrement utilisées lorsque ce cycle est fortement influencé par l'homme.

On range dans cette rubrique les problèmes d'érosion - sédimentation et ceux de l'urbanisation.

La méthodologie comporte un aspect expérimental provoqué ou constaté qui est confronté à un témoin garant de l'écosystème naturel non transformé par l'homme ; c'est ce que l'on appelle les bassins et les parcelles expérimentaux qu'il est fortement conseillé de gérer parallèlement dans une même unité de recherches, (voir pour développement le chapitre "conservation du sol"). De telles études qui s'inscrivent à la suite de la politique des bassins représentatifs pourraient être entreprises là où l'action de l'homme est vive : zone littorale de la canne à sucre, secteurs très défrichés de l'intérieur (régions d'Irecê, d'Ibiapaba ou futurs secteurs de colonisation en régions forestières).

Le dernier terme de la chaîne érosion-transports solides-sédimentation peut être appréhendé à l'aide de levées bathymétriques de réservoirs aux caractéristiques géométriques initiales bien connues et d'un certain âge. Ceci donnerait un total sédimenté sur n années, meilleure estimation possible du transport solide en rivières.

Enfin en zone d'urbanisation, la technique adaptée de celle des bassins représentatifs permet une bonne connaissance des crues pluviales et en conséquence donne les éléments de calcul pour un dimensionnement des réseaux d'assainissement plus adéquat qu'en appliquant une quelconque formule d'hydraulique théorique.

2.2.4. Planification régionale d'utilisation de l'eau :

Les problèmes de planification concernant l'eau ont été abordés jusqu'ici sous deux angles :

- a) celui des études intégrées des bassins hydrographiques, unité concevable pour les grands bassins mais inadéquate pour les petits surtout en ce qui concerne la zone littorale dont le développement s'effectue parallèlement à la côte ;
- b) celui de l'utilisation potentielle des sols limitée aux alternatives agriculture-élevage, irrigation-culture sèche.

L'eau étant nettement le facteur limitant du développement d'un Nordeste encore fortement rural, il importe sans sous-estimer les aspects précédents d'aller au-delà et d'envisager une planification globale de l'utilisation des eaux à l'échelle régionale.

Dans cet esprit, la connaissance sur les ressources en eau est fournie par les monographies de bassins hydrographiques et les synthèses de bassins représentatifs. Elle est complétée pour les bassins non observés par un transfert analogique reposant sur des corrélations avec les paramètres de l'environnement caractérisant état et comportement de ces bassins (techniques d'analyse factorielle et de géomorphologie quantitative à développer à cet effet). Il peut être parlant de présenter la ressource sous la forme de cartes, la technique illustrative des cartes hydrologiques ayant bien progressé ces récentes années.

Dans le même esprit, doit être déterminée la demande d'eau des divers utilisateurs : consommation des humains et du bétail, irrigation, production d'énergie, navigabilité... Un important travail statistique, déjà commencé mais sectoriellement, s'impose non seulement pour évaluer cette demande mais pour en préciser l'évolution dans le temps.

La confrontation ressources-besoins s'effectue entre valeurs moyennes des ressources (base annuelle ou mensuelle) et valeurs des besoins fixées à diverses dates projetées dans l'avenir. Il en découle des choix de priorité entre utilisateurs, des mises en évidence de non-satisfaction de la demande, des schémas globaux d'aménagements du territoire, des hypothèses de transfert d'eau entre bassins...

Une telle planification de l'emploi de l'eau est un élément clé de la politique régionale de développement. Extension et ampliation de la technique des études intégrées, cette planification doit être élaborée par un groupe opérationnel adéquat animé par un spécialiste de l'aménagement du territoire et comprenant, économiste, hydrologue, pédologue...

2.2.5. Hydrologie appliquée aux aménagements hydrauliques :

Pour passer commande aux bureaux d'études et pour les contrôler, il importe de connaître les techniques propres à l'hydrologie appliquée aux aménagements hydrauliques. Dans le cadre d'un développement régional planifié, il peut être utile d'avoir des bases homogènes dans l'élaboration des projets, et pour ce faire la définition d'une méthodologie adaptée aux particularités régionales est souhaitable.

En matière de mise en valeur, troisième niveau du processus de développement, on peut détailler plusieurs étapes : l'avant-projet, le projet, le contrôle du fonctionnement d'un aménagement.

Au stade de l'avant-projet, l'information réside dans le bilan des ressources en eau tel qu'il est présenté dans la planification d'utilisation de l'eau (monographies et cartes hydrologiques, synthèses de bassins représentatifs, transferts aux bassins non observés) et qu'il peut être bon de mettre à disposition sous forme de normes et abaques hydrométéorologiques.

Au stade du projet, si celui-ci est d'importance, une étude hydrologique spécifique s'impose à partir cette fois de la banque des données critiquées. On peut être ainsi amené à une étude exhaustive de la crue de projet d'un grand réservoir par modèle déterministe ou stochastique.

Lorsque l'aménagement devient complexe (utilisation à but multiple de l'eau) ou lorsque plusieurs aménagements sont prévus selon un certain calendrier dans un même bassin ou dans des bassins voisins avec transfert d'eau, il faut faire appel aux techniques de l'analyse des systèmes.

L'enchevêtrement des réservoirs accumulateurs dans le polygone de la sécheresse en est un bon exemple. On ne peut juger ni du meilleur système d'aménagement, ni du meilleur calendrier de mise en oeuvre, ni de l'utilisation optimale de l'eau sans modèle de simulation. Cette technique a fait de grands progrès récemment, grâce au calcul sur ordinateur, entre autres - son application à quelques situations-types du Nordeste (par exemple influence de nombreux petits réservoirs amont sur l'exploitation d'un grand réservoir aval) permettrait de dégager quelques lignes directrices de la politique d'aménagement des eaux.

Au stade du contrôle de fonctionnement, on peut mentionner :

- le modèle de prévision de crues (cas du Capibaribe à étendre à d'autres cas et peut-être à améliorer),

- le modèle de gestion en temps réel de systèmes d'eau (permettant par exemple de vider en temps utile avant forte crue un réservoir accumulateur dominant un périmètre irrigué).

Ces modèles, dérivés en temps réel, des modèles déterministes et de simulation, devraient avantageusement être connus et maniés par les spécialistes des Services Publics.

CHAPITRE 3

ACTIONS FORESTIERES ET CONSERVATION DES SOLS

3.1. Introduction :

De la connaissance des ressources de base à la conception d'une politique agricole intégrée dans un Aménagement du territoire, les actions possibles en matière de forêts et de Conservation des sols sont extrêmement nombreuses et pourraient d'ailleurs être multipliées presque à l'infini. Citons en quelques-unes à titre d'exemple :

- Définition des types de végétation forestière, étude de leur structure, de leurs liaisons avec les facteurs du milieu.
- Inventaire de ces types de végétation, cartographie forestière.
- Inventaires forestiers : Cartographie des principales espèces, volume sur pied/ha.
- Etude des possibilités d'exploitation de telle ou telle espèce, de tel ou tel massif, étude de l'exploitation. Etude du marché.
- Etude des caractères technologiques de différents bois, chimie du bois, études papetières.
- Etude des autres produits de la forêt : fibres, fruits, cire, tanins, huiles, fourrages, pharmacopée...
- Economie forestière, étude des coûts, du marché, des besoins...
- Aménagement et sylviculture des forêts naturelles.
- Plantations, techniques de pépinière, techniques de plantation, selon les essences utilisées, les sols et les climats.
- Introduction d'essences exotiques.
- Relation de la forêt avec les secteurs agricole, d'élevage : équilibre agro-sylvo pastoral.
- Erosion, Défense et Restauration des sols...

Ce catalogue n'a nullement la prétention d'être exhaustif puisqu'il n'inclut pas par exemple toutes les recherches de base de physiologie végétale à l'échelle de l'arbre ou du peuplement. Il pourrait évidemment être détaillé à l'intérieur de chaque chapitre selon les climats, les essences, les sols etc.

Il est donc évident que le planificateur ne dispose que d'une petite partie de l'information pour effectuer ses choix. Nous allons tenter de voir à quel stade des connaissances nous en sommes arrivés.

3.2. Etat des connaissances actuelles :

Il est certain que nous n'avons pu saisir, en quelques jours, le point exact des connaissances en matière de forêt et de conservation des sols. Les considérations qui vont suivre auront donc un caractère assez fragmentaire et il n'est pas exclu que des lacunes que nous signalons aient fait en réalité l'objet d'études particulières.

3.2.1. Botanique forestière - Les espèces botaniques sont dans l'ensemble assez connues, leur détermination exacte sur le terrain ne doit pas poser de gros problèmes. Une flore forestière de la zone semi-aride du Nordeste semble cependant manquer. Elle donnerait, non seulement les caractères botaniques des espèces, mais aussi, en l'état actuel des connaissances, leur répartition, leur écologie, leurs usages connus ainsi que leurs noms vulgaires.

3.2.2. Types de végétation - Il semble bien que les grandes divisions des types de végétation : cerrados, caatingas... soient bien définies, il paraît par contre régner une certaine ambiguïté dans les découpages secondaires de ces types.

C'est ainsi que le projet RADAM distingue trois types de caatingas : caatinga arborea, caatinga arbustiva, parque misto alors que d'autres auteurs proposent d'autres classifications, faisant intervenir par exemple le caractère xérophile de la végétation (seridó par exemple), ou des caractères topographiques ou géographiques (serião ou agreste).

Une définition claire des sous-types de végétation, basée sur la composition floristique, et les associations végétales, comprenant non seulement les faciès primitifs de la végétation mais aussi ses faciès dégradés ainsi que ceux de substitution est donc éminemment souhaitable. Cette définition des types de végétation devrait évidemment être mise en relation avec les caractères géographiques et écologiques des stations où elles sont rencontrées. Notons que cette recherche de base a fait l'objet de recommandations par le séminaire de Fortaleza.

3.2.3. Cartographie de la végétation - Cette cartographie a été largement abordée, notamment dans le projet RADAM, et les principes directeurs de cette cartographie, sous réserve d'une meilleure définition ultérieure des types de végétation, nous semble être valable.

Notons cependant que le choix des couleurs de ces cartes, basé sur une notion de régions écologiques assez mal définies, n'est pas très

satisfaisant et il aurait été plus judicieux d'affecter les couleurs aux types de végétation. C'est ainsi qu'une même couleur peut recouvrir des formations végétales aussi diverses que des cerradões, campos cerrados, caatingas arbórea et caatinga arbustiva et qu'inversement il sera possible de rencontrer des caatingas (ou des cerrados) sous plusieurs couleurs distinctes.

3.2.4. Inventaires forestiers - Un certain nombre d'inventaires forestiers ont déjà été effectués, notamment dans les zones forestières les plus riches (Maranhão, Piauí, Bahia). Ces inventaires renseignent sur le volume de bois sur pied ainsi que sur la composition floristique des principaux bois exploitables.

Dans l'état actuel de l'exploitation, il ne semble pas urgent de procéder à des inventaires plus poussés et, notamment dans la caatinga, le coût d'inventaires détaillés serait probablement trop élevé vis-à-vis de l'usage qu'on pourrait en retirer.

Par contre, les inventaires doivent être poursuivis dans le cadre des études intégrées de bassins et ils peuvent également se justifier dans quelques cas particuliers : inventaire des forêts de babaçu par exemple, nous y reviendrons par la suite.

3.2.5. Etudes technologiques - L'étude de vingt-cinq espèces de bois a été effectuée par des spécialistes de l'Université de Pernambuco. Nous ne pouvons juger de l'intérêt de ces études que nous n'avons pu consulter. Notons que ce nombre de vingt-cinq est encore très faible au regard de la diversité des espèces des forêts côtières et des forêts du Maranhão.

Ces études sont relativement aisées à réaliser mais il est nécessaire qu'elles le soient selon les normes internationales, afin qu'elles puissent faire l'objet de comparaisons utiles. Notons l'introduction de l'analyse multidimensionnelle dans la comparaison des matériaux bois, ce qui permet de mieux saisir l'intérêt... ou les défauts de chacune des espèces ainsi que de déterminer leur aire d'utilisation potentielle.

La connaissance précise des caractères technologiques des bois est non seulement utile à l'exploitant et à l'utilisateur, mais elle constitue un élément de choix pour le sylviculteur.

3.2.6. Connaissance des espèces productrices de produits secondaires - De nombreuses espèces sont productrices de produits autres que le bois : huile, palme, cire, tannin. Certaines de ces espèces sont bien connues. Il s'agit par exemple du babaçu (*Orbignya martiana* et *Orbignya speciosa*), du carnauba (*Copernicia cerifera*), du piacava (*Attalea funifera*), de l'oiticica (*Licania rigida*), du licuri (*Syagnus coronata*), du tucum (*Astrocaryum tucuma*), du caroa (*Piptadenia macrocarpa*).

Par contre d'autres aspects semblent avoir été négligés jusqu'à présent : arbres fourragers, pharmacopée.

3.2.7. Sylviculture et introduction d'espèces - Assez paradoxalement ces aspects de l'art forestier ont été relativement négligés jusqu'à présent. Un certain nombre d'essais ont été effectués, mais, mis à part la visite à l'IBDF de Maceio, nous n'avons pu avoir accès aux résultats. Même si, comme cela nous a été dit, ces essais n'ont pas été menés avec toute la rigueur nécessaire, il sera très important de collecter les enseignements qu'il est possible d'en tirer, que ces enseignements soient positifs ou négatifs avant d'envisager une reprise sérieuse des essais.

Il nous est apparu également, comme d'ailleurs cela s'est souvent produit dans le monde, que les premières introductions ont été effectuées sans méthode et sans tenir compte de l'origine des graines. S'il est alors évident que les espèces non adaptées ont été rapidement éliminées, il n'en va pas de même des espèces marginales qui ont végété en donnant des résultats décevants, résultats qui se sont inscrits dans la mémoire des forestiers en leur donnant un préjugé défavorable sur certaines espèces alors qu'on aurait pu obtenir des résultats très différents avec d'autres origines de graines.

C'est ainsi que nous pensons que la majorité des Eucalyptus du Nordeste proviennent en fait du sud de l'Australie (Nouvelles Galles du sud et sud Queensland) après avoir transité par les Etats du sud du Brésil alors que les provenances qui devraient donner de bons résultats et même des résultats extraordinaires dans la zone de la mata côtière seront originaires du nord de l'Australie ou des Iles de la Sonde.

3.2.8. Erosion et conservation des sols - Il est assez surprenant de constater que pratiquement aucune étude n'a été effectuée sur ces sujets qui pourtant font l'objet de nombreuses préoccupations de responsables du Nordeste et ce d'autant que les phénomènes d'érosion sont particulièrement sensibles dans les zones tropicales sèches notamment dans celles qui font l'objet d'exploitation agricole, ce qui est le cas ici.

3.3. Propositions forestières dans la zone humide :

Au stade actuel des connaissances, il y a lieu de décider quels sont les points qu'il est bon d'approfondir.

Nous avons effectué un premier choix, non seulement en fonction de ce que nous avons vu du Nordeste, mais également et surtout en fonction des préoccupations qui nous ont semblé essentielles des responsables du développement.

Assez arbitrairement et d'une manière que nous reconnaissons être très schématique, nous avons divisé le Nordeste en zone humide (+ de 800 mm) et en zone semi-aride (- de 800 mm) ; nous aborderons les problèmes forestiers posés dans ces deux zones et nous terminerons par les problèmes de Conservation des sols.

Dans la zone humide, nous proposerons trois actions :

3.3.1. L'étude des bois existants - C'est la prolongation de ce qui a été entrepris et nous ne nous étendrons donc pas sur ce sujet, déjà évoqué au § 3.2.5..

3.3.2. La réforestation - Il est certain que les boisements économiques se situeront de préférence dans les zones les plus humides et notamment dans la frange côtière de la mata où la pluviométrie peut atteindre et dépasser 1.500 mm.

Il est aussi certain que la politique d'incitation fiscale mise en oeuvre par le Gouvernement favorise grandement l'implantation de forêts dans cette zone, plantations qui seront effectuées par des particuliers et dont le premier objectif sera le rendement économique.

Notre connaissance, pourtant limitée, de l'écologie de cette zone, nous permet cependant d'affirmer que les spéculations forestières se révéleront rentables et même probablement plus qu'on ne se l'imagine ordinairement et ce en utilisant des espèces à croissance rapide, notamment les Eucalyptus.

Il n'est pas possible cependant d'introduire n'importe quoi n'importe comment, car on irait ainsi à l'échec. Une phase préalable d'étude est nécessaire pour étudier les techniques de plantations, les espèces à introduire et effectuer l'étude économique de la plantation.

a) Techniques de plantation. La mise au point précise des techniques de plantations est un préalable indispensable à la réalisation de grandes plantations. Signalons qu'il n'est en général pas possible de transposer brutalement les techniques utilisées d'un point à un autre du globe sans adaptation.

Les points à étudier sont les suivants :

- extraction de la végétation primitive existante,
- travail préalable du sol : comparaison par des méthodes statistiques du labour, du sous solage, du billonnage, du sous solage-billonnage,
- étude des écartements optimaux, dispositif de Nelder,
- étude de la date de plantation en fonction des données météorologiques,
- étude des entretiens, mécaniques ou manuels, répétition dans le temps,
- étude éventuelle de l'élagage,
- étude des éclaircies.

b) Les introductions d'espèces. Prenons à titre d'exemple les Eucalyptus dont certaines espèces sont susceptibles de donner d'excellents résultats dans la zone de la forêt. Le processus d'introduction est le suivant :

- Etude comparée des climats de la zone de la mata du Nordeste du Brésil et de la zone humide du nord de l'Australie et des Iles de la Sonde. Des analogies climatiques sont alors dégagées.
- Essais d'élimination d'espèces. On procède alors à l'introduction du maximum d'espèces pouvant présenter un intérêt et celles-ci sont plantées sans dispositif particulier et on constitue ainsi un arboretum qui renseignera grossièrement sur l'intérêt et l'adaptation des espèces introduites. (Citons à ce sujet que le Centre Technique Forestier Tropical vient d'effectuer une mission de récolte d'un an en Australie pour couvrir les besoins de ses centres outre-mer). Ces introductions sont généralement reprises plusieurs fois, d'une part pour couvrir des sols de natures différentes, d'autre part parce que les techniques de pépinière et de plantation peuvent ne pas avoir été parfaites du premier coup.
- Essais comparatifs de provenance. Il se dégage de ces essais d'élimination un certain nombre d'espèces jugées prometteuses. On procède alors à des essais comparatifs de provenances, c'est-à-dire que l'on compare, à l'intérieur d'une espèce, un certain nombre de provenances en utilisant pour cela le dispositif statistique le plus adapté au nombre de provenances et à la station.
- Essais de comportement en peuplement. Les essais antérieurs ont été réalisés sur des surfaces limitées et le placeau élémentaire ne contenait en général pas plus de cinquante arbres (on adopte en général 6 x 6 ou 7 x 7 par placeau élémentaire). L'essai de comportement en peuplement, effectué sur les meilleures provenances, permet de se rendre mieux compte de l'intérêt que présenteront les plantations futures, et elles renseignent en particulier sur la production escomptée. Ces plantations ont une superficie de l'ordre de quelques hectares.
- Essais stationnels. Parallèlement aux essais de comportement en peuplement, on effectue des essais de comportement sur différents types de sols ou dans des climats légèrement différents.
- Plantation conservatoire. L'intérêt des études précédentes disparaît si on n'était pas à même de fournir les semences nécessaires aux plantations proprement dites et c'est le but des plantations conservatoires.
- Génétique forestière. Le programme peut alors être développé par l'amélioration du matériel végétal ainsi obtenu : sélection d'arbres +, multiplication par greffage ou bouturage après la mise au point des techniques, hybridation, jardins grainiers etc..

Ce programme, s'il était suivi dans son ordre méthodique, demanderait de très nombreuses années pour aboutir; aussi le chercheur forestier est-il amené à effectuer ses choix très tôt, quitte à y revenir par la suite, et à conduire ainsi presque parallèlement les différentes actions.

Ce que nous venons d'écrire pour les eucalyptus est valable pour les autres espèces introduites et même pour les espèces autochtones.

Parmi les eucalyptus, nous pensons à *E. platyphylla*, *E. urophylla*, *E. tereticornis*, *E. camaldulensis*, *E. alba*, *E. citriodora*, *E. tessellaris* mais il y en a bien d'autres.

Parmi d'autres exotiques, nous pensons au teck (*Tectona grandis*), au Gmélinea (*Gmélinea arborea*), aux pins tropicaux etc..

Parmi les espèces autochtones, que nous connaissons mal, citons le *Cedrella odorata*, que nous avons vu à Maceió (Alagoas) et qui est utilisé dans les reboisements en Afrique, mais il y en a certainement bien d'autres et les anciennes tentatives de boisements seraient certainement pleines d'enseignements.

c) Etude économique - Les programmes d'introduction d'espèces, notamment au stade essais de comportement, doivent comprendre des études de coûts et des études de marchés :

- coûts de la préparation du terrain,
- coûts de la production des plants en pépinière et de la plantation,
- coûts des entretiens,
- coûts de l'exploitation,
- coûts de débardage et de transport,
- étude du marché,
- étude économique de la rentabilité de l'opération qui permet par ailleurs de définir la période optimale de coupe du point de vue économique.

Dans le cas d'espèces rejetant de souche (cas des *Eucalyptus*), l'étude économique (comme d'ailleurs les études techniques) ne doit pas s'arrêter à la première coupe mais se poursuivre sur plusieurs coupes successives.

3.3.3. Inventaire et aménagement des forêts de babaçu - Le babaçu a été étudié en ce qui concerne son aire de répartition, sa production d'huile et d'autres sous-produits. Les opinions ne sont d'ailleurs pas unanimes en ce qui concerne son aire de répartition (et ce d'autant que le terme babaçu recouvre deux espèces : *Orbignya martiana* et *Orbignya speciosa*) et la valeur de ses usages.

Il est cependant certain que l'importance des régions couvertes par le babaçu notamment dans le Maranhão, son importance pour les populations de ces régions, son importance économique relative (80 millions de Cr\$ en 1969) amènent à ne pas négliger cette espèce.

Nous pensons que l'inventaire (basé sur des méthodes statistiques par sondages) accompagné d'une étude des produits et des utilisations de cet arbre par les populations pourrait amener à la réalisation d'un aménagement global de la forêt de babaçu, aménagement qui prévoirait son exploitation rationnelle.

3.4. Propositions forestières dans la zone semi-aride :

3.4.1. Introduction - Comme nous l'avons indiqué, nous avons limité arbitrairement la zone semi-aride à l'isohyète 800 mm.

On comprend aisément que la potentialité agronomique de cette zone ne peut dépasser un certain niveau, fatalement inférieur à celui des zones tropicales humides et que leur mise en valeur agronomique doit en tenir le plus grand compte. Or en contrepartie, ces régions sèches semblent plus attirantes pour l'homme que les régions humides, pour un ensemble de raisons bien connues, et présentent, de ce fait, une densité de population relativement élevée, qui, du fait des impératifs modernes du développement, a tendance à se concentrer en villages ou cités importantes.

Là est le noeud du problème : c'est la rencontre de deux phénomènes naturels antagonistes, d'une part l'accroissement et la concentration d'une population dont les besoins sont en perpétuelle expansion, d'autre part le maintien inexorable, à un niveau relativement bas, des potentialités écologiques des zones rurales exploitées par l'homme et ses animaux. Tôt ou tard un déséquilibre se produit et celui-ci est particulièrement marqué au cours des années sèches.

Afin d'éviter ou de limiter l'ampleur des catastrophes liées à ce déséquilibre, il faut définir les moyens pratiques qui pourraient être mis à la disposition du monde rural afin d'améliorer puis de maintenir la productivité des zones sèches.

Or il ne semble pas douteux que les Forestiers, responsables du tapis végétal même très faiblement arboré, soient partie prenante dans la définition et l'application de ces moyens, l'arbre ayant une importance toute particulière dans l'équilibre et l'économie de la zone :

- fixation des sols, obstacle à l'érosion pluviale et éolienne,
- source importante de fourrage pour les animaux, surtout en fin de saison sèche,
- source de bois de feu, de bois de construction, de bois à usage ménager,
- source de produits alimentaires (fruits et feuilles) et pharmaceutiques pour l'homme,

Le rôle du forestier sera donc important puisqu'il interviendra :

- dans la régénération de la végétation et la conservation des sols,
- dans les opérations d'élevage,

- dans les opérations agricoles,
- pour la fourniture de bois.

Nous avons réservé de traiter plus tard les problèmes de conservation des sols. Nous ferons donc ici uniquement des propositions dans les autres domaines.

3.4.2. La régénération naturelle - La régénération des arbres de la zone sèche ne s'effectue, pour un certain nombre de raisons, qu'au cours de certaines années à saison pluvieuse particulièrement favorable. Cette régénération va se heurter à de nombreux facteurs défavorables (première saison sèche, concurrence pour l'eau, feux de brousse, défrichement, pâture).

Or le maintien d'une couverture végétale est impérative dans certains cas : sols en forte pente, sols particulièrement sensibles à l'érosion. Par ailleurs l'économie de l'eau d'une région sèche est largement tributaire du manteau forestier qui la recouvre. S'il est exact qu'une coupe de la végétation arborée fait monter à court terme le niveau de la nappe phréatique, lorsqu'elle existe, elle la fait baisser à moyen et long terme par l'érosion des sols qui succède à cette coupe : l'eau a de plus en plus tendance à ruisseler sur les sols plutôt qu'à s'y infiltrer et le niveau des nappes phréatiques diminue alors que les pointes de crues et d'étiages des fleuves et rivières s'accroissent.

Il est donc utile d'une part de définir les méthodes de régénération naturelle de la végétation, méthodes qui seront à mettre en oeuvre dans les zones les plus sensibles et par ailleurs de définir la part respective des surfaces attribuées à l'agriculture, l'élevage et la forêt, surfaces qui peuvent d'ailleurs avoir des usages mixtes afin d'aboutir à un réel équilibre agro-sylvo pastoral satisfaisant aux besoins de l'homme tout en maintenant la potentialité écologique de la zone concernée.

3.4.3. Propositions forestières liées à l'élevage - Trois actions mériteraient d'être développées, actions d'ailleurs liées entre elles et qui pourraient faire l'objet d'une action unique menée en commun par le forestier, l'agrostologue et l'éleveur.

- a) Etude des fourrages arborés - Si l'alimentation du bétail est surtout constituée de plantes herbacées en saison des pluies et au début de la saison sèche, les fourrages arbustifs prennent une place importante en fin de saison sèche et durant cette période, l'apport de protéines fournies par ces fourrages peut être l'élément essentiel de l'alimentation du troupeau permettant au bétail de fabriquer viande et lait.

C'est pourquoi il est opportun de connaître la valeur fourragère des différentes espèces composant la caatinga, leur teneur en éléments nutritifs, leur appétabilité ainsi que de définir la période optimale de consommation.

Une telle étude permettrait d'orienter l'aménagement des terrains de parcours soit en favorisant la régénération de ces espèces (cf. b ci-dessous), soit même en les plantant (cf. c ci-dessous).

- b) Aménagement des terrains de parcours - La caatinga est généralement une formation végétale assez fermée et elle ne constitue qu'un maigre apport de fourrages pour les animaux. C'est pourquoi, il serait judicieux d'étudier les possibilités d'améliorations, possibilités qui passent par la coupe d'une fraction importante de la caatinga favorisant la croissance d'un tapis herbacé - l'étude de la régénération naturelle des arbustes fourragers de la caatinga - l'étude des périodes d'ouverture ou de fermeture des surfaces aménagées au bétail.

L'objectif final est d'obtenir une utilisation beaucoup plus productive de la caatinga tout en maintenant son potentiel à son nouveau niveau.

- c) Plantations fourragères - Deux types de spéculations peuvent être envisagées, les plantations en sec et les plantations en irrigué. Les plantations en irrigué reviennent évidemment plus cher, mais la production peut être alors plus que décuplée. La valeur de l'U.F. (Unité Fourragère), survenant durant la période la plus sèche, peut être alors importante et rentabiliser une opération de boisement.

Citons dans ce paragraphe l'intérêt qu'il y aurait de tenter d'introduire de nombreux Atriplex, arbrisseaux fourragers originaires d'Australie qui ont donné de très bons résultats en zone sèche et même très sèche chaque fois que la sécheresse de l'air n'est pas excessive, ce qui est le cas c'au moins une partie de la zone semi-aride brésilienne vouée à l'élevage.

3.4.4. Propositions forestières liées à l'agriculture - Dans les zones semi-arides tropicales se pose toujours le problème de la priorité à donner entre le développement de la culture irriguée et le développement de la culture en sec.

La culture irriguée nécessite une mutation profonde des pratiques culturales, ne touche qu'une fraction minime de la population paysanne, reste souvent à la limite de la rentabilité économique, mais est susceptible d'amener une masse importante de produits agricoles sur le marché.

Le développement de la culture en sec passe par l'amélioration progressive des pratiques culturales, l'usage des procédés de conservation des sols, l'utilisation de variétés mieux adaptées et plus productives. Dans ce sens, elle ne permet pas une amélioration spectaculaire des rendements (que l'on peut cependant souvent doubler) mais l'augmentation de la production peut devenir très sensible du fait que le développement touche une fraction importante de la population agricole.

Dans les deux domaines, le forestier a des actions à mener. Citons, pour mémoire, le rôle important des réseaux brise vent dans les périmètres hydroagricoles (diminution de l'évaporation, écrêtement des extrêmes de températures, augmentation des rendements).

Dans l'agriculture en sec, le forestier intervient dans la définition de l'équilibre agro-sylvo pastoral, dans les problèmes de conservation des sols (cf. § 3.5).

Indiquons ici qu'il existe en Afrique, dans la zone soudano-sahélienne, un arbre remarquable, l'Acacia albida, qui offre un grand nombre de particularités : il est feuillé en saison sèche et défeuillé en saison des pluies et il ne gêne donc pas le cycle des cultures. Par ailleurs, il enrichit le sol notamment en azote, phosphore et potasse et le rendement des cultures sous Acacia albida est notablement supérieur au rendement des champs non couverts (augmentation de 25 à 100 % selon les cultures et les sols). Enfin, par ses gousses et son feuillage, il présente un apport fourrager non négligeable en saison sèche.

Il paraît donc fort souhaitable d'introduire cet arbre dans les sols qui lui conviennent (sols légers et profonds). Les méthodes de pépinière et de plantation sont maintenant bien connues, le seul inconvénient est la lenteur de sa croissance durant les dix premières années et sa protection durant sa phase d'installation.

3.4.5. Propositions en matière de reboisement - L'intérêt des reboisements en zone sèche revêt souvent un aspect plus social (fourniture de bois de feu ou de service aux populations) qu'économique car la faible pluviométrie et la pauvreté relative des sols attribués au reboiseur ne permet souvent pas d'obtenir un rendement suffisant pour justifier économiquement la plantation.

Dans certains cas cependant, l'objectif économique peut être atteint : plantations sur sol avec nappe phréatique par exemple.

L'aspect social des plantations est cependant suffisamment fort pour qu'on ne néglige pas les plantations en zone sèche. Ces plantations ne seront simplement plus réalisées par des investisseurs privés, mais par l'Etat ou par des collectivités. Dans ce sens, les bois de villages, réalisés sur de faibles surfaces par les paysans satisfont d'une part aux besoins en bois de villages et sont d'autre part d'un prix de revient modique dans la mesure où les travaux manuels sont effectués par les paysans pour leur compte et ne sont donc pas rétribués.

Les recherches relatives à l'introduction des espèces obéissent aux mêmes règles que celles énumérées pour l'introduction d'espèces dans la zone de la mata côtière et nous n'y reviendrons pas. Notons simplement :

- Que les zones d'origine des espèces introduites seront très différentes.

- L'étude des techniques de plantation devra mettre l'accent sur les méthodes manuelles de travail du sol dans l'optique "bois de villages". Essai des méthodes potet, taupinière, butte + fossé, procédé des arêtes de poissons etc..
- Elle devra aussi comprendre l'étude de la protection contre les feux de brousse et contre le bétail.
- Les espèces qui semblent devoir être testées, à titre indicatif, pourraient être *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus* originaires de la Terre d'Arnhem, *Acacias*, *Bauhinia*, *Cassia*, *Dalbergia*, *Azadirachta*, *Khaya*, *Prosopis* et ce, non seulement pour la fourniture de bois mais également avec d'autres objectifs : arbres fourragers, ombrage, haies vives etc..

3.5. Conservation des sols :

Dans ce domaine, nous proposerons d'étudier d'une part l'érosion proprement dite, d'autre part les méthodes de lutte contre cette érosion et nous proposerons enfin l'étude intégrée d'un petit bassin aménagé.

3.5.1. Etude de l'érosion pluviale - En un lieu donné, l'érosion est fonction d'un certain nombre de facteurs : l'importance et l'agressivité des pluies, la nature du sol, la pente et la longueur de la pente, le type de végétation ou de culture couvrant le sol, la nature des dispositifs antiérosifs mis en place.

Trois types d'études peuvent être proposés pour étudier cette érosion :

- a) Inventaire de l'érosion dans le Nordeste. Il s'agit dans ce cas d'une étude d'information aboutissant à l'obtention d'une carte donnant la situation actuelle de l'érosion dans le Nordeste.

Cette carte est réalisée à partir d'une enquête menée dans l'ensemble de la région, dans chaque type de climat et de sols. L'utilité d'une telle enquête préalable est de dégager les zones les plus sensibles où une intervention doit être entreprise. L'enquête définira par ailleurs les types d'érosion rencontrés et leur importance relative selon les modes d'exploitation des sols.

Une telle étude serait grandement facilitée par l'étude de l'alluvionnement des réservoirs de barrages, qui intègre l'érosion survenue sur le bassin versant, partie de l'étude qui pourrait être confiée à des hydrologues (cf. 2.2.3.).

- b) Etude de l'agressivité des pluies. Nous avons vu que l'érosion était liée à l'agressivité des pluies et il existe un indice d'érosivité des pluies, l'indice R de Wischmeier.

Cet indice est déterminé pour chaque pluie par l'étude du pluviogramme (on ne peut utiliser que ceux à rotation journalière). L'étude de tels pluviogrammes, dans les stations où ils existent, permettra de calculer la valeur de R par année, d'effectuer les moyennes annuelles et aboutira à la réalisation d'une carte de l'agressivité des pluies dans le Nordeste.

Notons qu'il est également possible de dresser, assez rapidement, une carte des dangers d'érosion grâce à l'indice de Fournier qui est également un indice climatique. Une telle carte existe déjà en Afrique.

- c) Etude complète de l'érosion. La première étude envisagée ne donne qu'une idée assez grossière de l'érosion dans la région, la seconde étude ne tient compte que du climat et néglige de ce fait d'autres facteurs (sols, pente, etc.) qui ont une importance fondamentale dans l'érosion.

C'est pourquoi l'étude objective de l'érosion passe par des études de terrain, basées sur l'observation durant au minimum cinq ans de parcelles expérimentales.

Une parcelle expérimentale est constituée d'un champ expérimental de pente fixe sans accident topographique et d'un système récepteur constitué par une gouttière réceptrice, un canal d'adduction, une ou plusieurs cuves successives reliées par des partiteurs.

A chaque pluie, les pertes en eau (ruissellement) et les pertes en terre (érosion solide) sont enregistrées.

Une étude complète de l'érosion dans le Nordeste comprendrait donc l'installation de telles parcelles d'étude dans diverses conditions de sol, de pente, de climat, de culture.

Il apparaît donc que le nombre de celles-ci serait très grand et il est donc préférable d'envisager de telles études uniquement dans les zones où l'on sait que l'érosion est particulièrement à craindre.

Paradoxalement, c'est souvent dans les régions de faible pluviométrie que l'érosion est la plus à craindre du fait que les pluies y sont souvent agressives et que le sol y présente une couverture végétale réduite, notamment au début du cycle de la culture.

3.5.2. Méthodes de lutte contre l'érosion - L'intérêt de l'étude de l'érosion serait limité si on n'étudiait pas parallèlement les techniques de lutte contre celle-ci, techniques qui font l'objet de la Conservation des sols. Ces techniques relèvent de plusieurs méthodes dont nous donnons ci-dessous un catalogue non exhaustif :

- procédés biologiques : occupation maximale du sol dans le temps et l'espace (rotations culturales, cultures associées, cultures dérobées, cultures en bandes alternées) entretien et accroissement des ressources organiques du sol (enfouissement des résidus de culture, jachères, prairies temporaires, engrais verts, fumures organiques, amendements calcaires),

- façons culturales : labour en courbes de niveau, labour en billons, billons isohypses cloisonnés, sous-solage, ripperage,
- procédés de terrassement : terrasses, banquettes organisées en réseau d'absorption ou de diversion,
- correction de torrents avec des ouvrages temporaires ou permanents.

L'étude de ces différentes techniques s'effectue sur des parcelles d'étude ou des petits bassins expérimentaux (on essaie de se rapprocher de la surface du champ du paysan) où sont mesurées les pertes en eau et en terre et sur lesquelles sont testées différentes techniques de lutte afin de définir les techniques agronomiques les moins érosives et le cas échéant, de préconiser l'emploi de procédés de terrassement bien définis, les plus simples et les moins coûteux possibles.

Ces différentes techniques sont évidemment testées par comparaison avec une parcelle ou un petit bassin expérimental témoin.

3.5.3. Etude intégrée d'un petit bassin aménagé - Il peut être intéressant dans un but de recherche, de démonstration et de formation de réaliser sur le terrain, sur un petit bassin versant de l'ordre de 500, 1 000 hectares, un aménagement global du terroir comprenant non seulement la mise en place d'un système de défense contre l'érosion, mais également la mise en oeuvre des techniques préconisées par l'agronome, l'éleveur, le forestier, l'hydrologue, l'économiste.

Un tel aménagement complété par des dispositifs expérimentaux aurait un aspect démonstratif et un rôle de formation. Il permettrait enfin aux chercheurs de collaborer activement dans la mise au point de dispositifs parfaitement intégrés.

CHAPITRE 4

OCEANOGRAPHIE

Dans la dernière décennie, il apparaît que dans le nord-est, un grand effort de coordination et d'orientation a été mené. Il avait pour objet d'obtenir que la Recherche Océanographique fournisse les éléments nécessaires au développement rationnel des pêches, intérieures ou marines, et à la mise en place progressive d'unités d'élevage en eaux douces, saumâtre ou salée.

En fait comparativement aux autres ressources naturelles, les recherches sur la biologie des pêches sont fondamentalement différentes en ce sens qu'elles traitent pour une grande part de la production elle-même plutôt que des conditions de cette production.

Les recherches sur les pêches s'apparentent en fait à des travaux sur la chasse. Il s'agit d'une économie de cueillette que l'on doit maîtriser.

L'analogie avec les ressources de base liées à la production agricole n'existe que pour l'aquiculture. On doit raisonnablement traiter séparément la biologie des pêches et l'aquiculture.

4.1. Biologie des pêches et utilisation de ses données :

Les biologistes des pêches ont pour but principal la rationalisation de l'exploitation. Comme les interventions réglementaires sont souvent protectrices, on oublie d'ailleurs souvent que leur but est de déterminer le maximum supportable d'exploitation.

Leur meilleur outil est la dynamique des populations.

Créer une unité de recherches de dynamique des populations suppose la disposition d'un système permanent de collectes de statistiques.

Autant qu'il est possible de le constater à travers les résultats obtenus, celui organisé par la DRP est bien adapté, l'utilisation d'enquêteurs spécialisés dans les points de débarquement en étant le facteur essentiel.

Fournir aux Autorités planificatrices ou réglementaires un dossier comprenant les éléments de décision suppose un effort particulier de recherches et de traitement.

Mais contrôler l'influence d'une ou plusieurs flottilles de pêche sur un stock suppose des réajustements périodiques et par conséquent une continuité sans failles dans la récolte des statistiques, donc le maintien de leur réseau.

On souhaiterait être rassuré sur cette continuité.

Tant qu'il y a exploitation d'une pêcherie, il doit y avoir une analyse périodique de la dynamique de cette pêcherie, sous l'influence de la pêche.

Par ailleurs, ces statistiques sont à la base de nombreuses utilisations qu'il faut souligner.

On peut en particulier penser que dans le nord-est, leur utilité ira grandissant, suivant en cela la tendance mondiale. On peut prévoir :

- Utilisation plus importante des données biologiques et des connaissances sur le comportement des espèces, concurremment avec les statistiques, pour créer des modèles plus affinés.
- Etablissement de réglementation pour les pêches multispécifiques.
- Etudes particulières sur la rentabilité des engins de pêche et des bateaux avec incorporation de données économiques.

On a déjà vu apparaître qu'au niveau de la recherche halieutique, c'est un ensemble multidisciplinaire qui coopère à l'étude des stocks et du milieu marin.

Outre ce premier groupe scientifique, la DRP comprend à juste titre des secteurs de recherches technologiques ou de transferts de techniques.

Lorsqu'il s'agit de transcrire les résultats des études sur les stocks, les engins, les embarcations, en termes concrets de réalisation ou d'incitation et lorsqu'on a affaire, comme c'est le cas, à des régions très sensibles du point de vue de la main d'oeuvre, il faut sortir du premier groupe intégré Biologistes - Technologistes et y ajouter des Spécialistes d'autres disciplines.

On devrait semble-t-il traiter toutes les questions relatives à la pêche individuelle ou artisanale ou industrielle en recoupant les conclusions des Biologistes, appuyées sur leurs statistiques et autres données par des critères socio-économiques adéquats.

Préconiser de nouveaux types de navires ou d'embarcations légères, résultat d'une bonne analyse de l'effort de pêche peut paraître suffire pour un choix.

Ne pas risquer de ce fait de déséquilibrer un village ou une région implique que les incidences socio-économiques aient été estimées.

~~De même ne pas avoir étudié l'état d'une infrastructure portuaire existante peut faire échouer une modernisation du travail à la mer tout simplement parce que les immobilisations à terre sont trop longues ou trop coûteuses.~~

Un autre exemple plus hypothétique peut être pris. Rien n'interdit de penser qu'on puisse étudier la possibilité de faire du NE un secteur de base d'armements hauturiers travaillant très loin de ces bases, exemple des senneurs Américains, Français, Japonais, Russes qui pêchent les thons dans tout l'Atlantique. Il est évident que ce problème requerrait une approche multidisciplinaire.

Enfin à propos d'un exemple fâcheux, l'intérêt de la sociologie et de l'information apparaît brutalement.

Il est connu que le cycle de certains pénéides amène les larves de quelques cms à entrer en estuaires pour en ressortir quelques mois plus tard longs d'environ 10 cms.

On sait que l'exploitation des crevettes de sortie doit être réglementée pour protéger le stock marin. Celle des post larves doit être interdite. Elle a pourtant lieu dans certains estuaires. On mesure ce que devrait être la préparation d'une telle mesure, facteur éventuel d'incidents.

4.2. Aquaculture :

En matière de projets à long terme, la conscience que les ressources marines et d'estuaires n'auront pas de développement spectaculaire alors que la demande demeure pressante, a déjà provoqué une décision très importante.

Pour accroître la production, il est prévu de faire appel à l'aquiculture.

C'est très judicieux au Brésil même si dans certains cas le succès ne doit pas être immédiat.

On peut estimer à ce sujet qu'il serait utile de prévoir de compléter le semi-élevage actuel par des travaux ayant pour but de parvenir à réaliser in vitro la totalité du cycle reproduction-élevage préliminaire à l'intervention ultérieure des généticiens pour la sélection de races d'élevage [crevettes] .

En d'autres cas, on peut craindre quelques difficultés.

En matière de conchyliculture, l'opinion des spécialistes est que le développement des techniques d'élevage se fait difficilement dans des lieux que la population considère traditionnellement comme "Res nullus".

Il faut généralement faire le développement ailleurs.

En matière de projets d'élevage, il faudra sans doute veiller à ce qu'un contrôle technique spécialisé soit maintenu sur toutes les opérations afin que rien n'échappe de leurs difficultés ou succès, en particulier pour les cultures "assistées".

ANNEXE

ECHO-INTEGRATION

L'E.I., technique récente, est théoriquement un moyen rapide de quantification des stocks. Elle permet de traduire en poids de poissons les échos recueillis par un ensemble écho-sondeur et intégrateur.

Elle requiert une grande attention, les erreurs de réglage se transformant en erreurs pondérales importantes. Mais cet aspect technique, généralement bien maîtrisé, peut être négligé.

En eaux tempérées ou froides, dont la faune ichtyologique est caractérisée par un nombre réduit d'espèces et un nombre de spécimens très important, l'E.I. a déjà donné assez facilement des résultats intéressants parce qu'il était simple de rapporter les échos à une espèce déterminée.

L'utilisation de la méthode est plus récente en eaux tropicales. Elle a connu et connaît encore de grandes difficultés liées à l'abondance des espèces et souvent à leurs mélanges. Une partie de celles-ci, contrairement aux mers nordiques, ayant une biologie et un comportement mal connus, l'identification des échos devient aléatoire voire impossible.

Pour tenter d'y parvenir il a fallu multiplier les pêches de contrôle, par des bateaux accompagnateurs spécialement équipés.

En fait, la fuite fréquente des poissons sous le navire, et devant le filet a parfois rendu ces échantillonnages difficiles. Souvent, la relation écho-espèce s'est révélée aléatoire.

Il est donc légitime de se demander dans quelle mesure l'écho-intégration peut se substituer à la dynamique des populations et quelle valeur elle peut avoir en tant que complément de cette technique d'étude des stocks.

La dynamique des populations, par des modèles de complication progressive parvient à établir une relation satisfaisante entre l'effort de pêche et une partie de la biomasse, celle qui se trouve géographiquement présente et pour la seule fraction dont la taille des individus permet la capture par des engins de pêche. Ce qui est en dessous de cette taille lui échappe et elle n'acquiert des informations sur cette fraction que par des pêches particulières ou des essais sélectifs.

L'avantage théorique de l'E.I. est de permettre de quantifier la totalité de la biomasse, c'est-à-dire petites tailles comprises. Son défaut est de ne pas donner par classes d'âge la composition de cette biomasse, les pêches de contrôle ne permettant pas d'y parvenir avec la précision des biologistes dynamiciens.

On peut conclure sur ce point que l'E.I. n'a qu'une faible valeur complémentaire pour les biologistes-dynamiciens lorsque ceux-ci contrôlent, par les méthodes qui sont les leurs, la situation d'un stock.

Par contre, le fait que l'E.I. peut quantifier une biomasse là où il n'y a pas de pêche, c'est-à-dire lorsque les biologistes dynamiciens sont relativement désarmés et ne peuvent pratiquer que des pêches exploratoires, est un des attraits importants de la méthode.

Le rôle de l'E.I. dans la prospection quantitative apparaît donc supérieur à son rôle de complément de l'activité des dynamiciens.

Mais cette fonction n'est pas sans problèmes.

- Il a déjà été noté qu'en eaux tropicales; il est difficile de ne pas faire d'erreurs en rapportant les échos intégrés à telle ou telle espèce.

D'autres difficultés existent comme le fait que les poissons peuvent, entre la nuit et le jour, passer d'un stade groupe à une dispersion totale. Ainsi entre nuit et jour les appréciations par E.I. peuvent être deux à quatre fois plus importantes alors, qu'à l'évidence, le stock disponible n'a pas varié.

- Relativement aux pêches de contrôle (ou d'échantillonnage) la fuite fréquente du poisson sous le bateau qui s'ajoute à la fuite du poisson devant le filet est une autre cause d'erreur mal contrôlée.

C'est souvent géographiquement que l'E.I. se trouve limitée. En effet, l'appareillage nécessaire, très sophistiqué ne peut être monté sur de très petits navires et de ce fait son utilisation se trouve à peu près impossible dans les eaux proches des côtes comme dans les estuaires où bancs de sables et écueils rendent la navigation difficile.

Comme il s'agit souvent de zones de forte production, l'emploi de l'écho-intégrateur doit alors faire place à des sondeurs plus simples montés sur les bateaux légers qui donnent d'ailleurs des résultats très satisfaisants.

Enfin, il semble que les possibilités d'utilisation de l'E.I. soit relativement plus faciles pour les poissons pelagiques que pour les poissons demersaux.

Pour résumer et en termes très généraux, l'examen des potentialités de l'E.I. montre qu'elle ne peut être féconde que dans un cadre bien étudié, si elle a été programmée en tenant étroitement compte des connaissances acquises. De ce fait ce sont les biologistes-dynamiciens qui sont appelés à donner les premiers éléments de programmation pour de telles opérations dont ils sont d'ailleurs généralement les maîtres d'oeuvre. En l'état actuel de la question, les biologistes des pêches semblent reconnaître un certain nombre d'utilisations possibles et d'intérêts dans les opérations d'E.I..

- Elle permet une photographie quasi-instantanée des biomasses, au-delà des zones couvertes par la pêche, donc statistiquement surveillées.
- Elle doit permettre d'aborder dans de nombreux cas des études de comportement (variations de la morphologie des bancs, dispersion, migrations verticales diurnes et nocturnes, migrations aléatoires ou saisonnières, concentrations de reproduction, d'alimentation etc.).

On peut penser que ce seront ces deux utilisations de la méthode qui vont être testées dans les prochaines années, avec des chances raisonnables de succès. Mais il faut encore répéter que l'E.I. doit être considérée comme un outil supplémentaire alloué aux équipes ayant pour objectif la rationalisation des pêches et non une fin en soi.

PROGRAMME DE TRAVAIL PAR ECHO-INTEGRATION REALISE
DANS LE CADRE DU PROJET PATRONNE PAR LA SUDENE ET
INTITULE
"TERMINAIS PESQUEIROS NO NORDESTE DO BRASIL"

Quelques remarques peuvent être faites sur la conception même de ce projet.

Il semble, sauf information erronée, que pendant la période déterminée pour le déroulement du projet "Terminais Pesqueiros no NORDESTE DO BRASIL" on ait envisagé de mener simultanément toutes les opérations : les unes comportant l'étude de la situation existante, les autres comportant les travaux d'estimation des stocks disponibles par le moyen de l'écho-intégration.

Pour ne s'en tenir qu'à la relation possibilités d'accroissement de la pêche et infrastructures nécessaires correspondantes, il pouvait paraître a priori souhaitable qu'un décalage dans le temps ait été envisagé.

Il aurait été plus satisfaisant que les opérations aient été faites en deux temps - puisque la réponse de l'une entraînait la décision pour l'autre.

Dans la mesure où le programme d'écho-intégration était considéré comme déterminant, on aurait pu juger préférable de faire procéder dans un premier temps aux opérations d'échosondage, d'attendre leur dépouillement, d'analyser leurs conclusions et de déterminer ensuite s'il était justifié ou non de prévoir une étude d'infrastructures nouvelles.

A la fin de septembre 1974, il était clair que les résultats de la campagne d'écho-intégration étaient tels qu'aucune infrastructure ou système logistique nouveau n'est à prévoir pour faire face à un accroissement des quantités débarquées.

En fait la situation décrite ci-dessus qui tend à situer des éléments de décision dans le temps, est quelque peu inadéquate.

- Elle néglige une première notion essentielle qui est l'examen critique des données existantes avant toute opération.
- Comme il a été indiqué par ailleurs, l'E.I. revêt une valeur certaine dès qu'il s'agit de prospecter des zones nouvelles inexploitées. Elle n'apporte qu'une indication réduite dans le cas où des biologistes-dynamiciens, s'appuyant sur un réseau de statistiques de bonne qualité, contrôlent la situation des stocks et sont en mesure de donner un chiffre indiquant d'une manière satisfaisante le niveau d'exploitation pouvant être supporté par le stock.

Or, cette situation est précisément celle du NE où la Division des Ressources des Pêches de la SUDENE, après un remarquable travail de collecte de statistiques et des études biologiques complémentaires appropriées, semblait déjà avant le début des opérations être capable d'indiquer le niveau d'exploitation supportable par les stocks. Elle disposait là d'un des éléments essentiels de décision.

En revenant à la base même de ce raisonnement, compte tenu de la qualité des conclusions de la D.R.P., il était possible de conclure avant toute opération que de nouvelles ressources importantes ne pouvaient être raisonnablement escomptées dans le NE.

Si la valeur des conclusions de la D.R.P. avait été reconnue il est probable que l'étude du projet de Développement aurait été très différente dans ses hypothèses de départ et dans son exécution.

Pour ne retenir que l'aspect scientifique et plus particulièrement deux buts, la connaissance globale quantitative des ressources et l'estimation du niveau d'exploitation supportable, l'étude par E.I. aurait pu être maintenue, mais à sa juste place, comme un instrument à la disposition des équipes ayant pour but l'exploitation optimale des ressources marines.

La morphologie des trajets du navire dans les missions effectivement réalisées montre assez clairement qu'on l'avait prévu pour une mission exploratoire comme dans une zone mal connue, ce qui n'était pas le cas.

On peut raisonnablement penser que, si l'activité du navire sondeur et de ses satellites avait été programmée en fonction des connaissances acquises, les trajets auraient été sensiblement différents. Par exemple, l'effort de prospection aurait pu varier d'une zone à l'autre, intense dans un secteur "riche", lâche et de pur contrôle dans un secteur connu comme improductif.

Pour conclure et résumer il semble possible d'estimer que le fait de prendre en considération les judicieuses conclusions des spécialistes de la D.R.P. auraient pu avoir au moins deux conséquences heureuses :

- En permettant de formuler et programmer différemment le projet.
- Dans le cas où la prospection à l'écho-intégration aurait été maintenue, en programmant différemment son schéma d'utilisation avec des résultats apportant probablement plus de faits nouveaux.

Dans la mesure non connue de l'auteur où les opérations de "Terminais Pesqueros do Nordeste do Brasil", dont on peut penser que le cours ne se déroulera pas comme prévu dans sa partie terminale, libèreraient quelques possibilités de financement, la question de leur emploi pourrait se poser.

Un examen rapide des travaux de la D.R.P. montre que divers projets d'études locales justifiés n'ayant pu être réalisés encore, pourraient être repris et menés à terme avec profit.

On pourrait à cette fin porter une attention particulière aux zones de meilleure production.

Pour ce qui a trait à la technologie de la pêche et à l'amélioration de son exercice il paraît certain que des études intégrées amenant une réflexion convergente des biologistes des pêches, des sociologues et des économistes pourraient avoir des répercussions intéressantes sur la pêche artisanale, par exemple dans les zones d'estuaires et dans la partie basse des bassins.

CHAPITRE 5

RECHERCHES SOCIO-ECONOMIQUES

Cette note est basée sur l'examen de quelques enquêtes socio-économiques réalisées par la SUDENE ou sur sa demande. A cet examen, se sont ajoutées plusieurs conversations avec les spécialistes de la Division des Etudes Intégrées et avec ceux du Service de la Coordination de la Planification Régionale.

Malgré leur brièveté, ces contacts permettent de présenter des observations sur le travail déjà effectué, et de faire quelques suggestions pour l'avenir.

5.1. Observations sur les recherches réalisées :

5.1.1. Modes de présentation :

D'une façon générale, on est frappé par l'abondance et la qualité des informations recueillies dans le domaine socio-économique. Il semble cependant que ces renseignements soient assez souvent présentés dans des travaux descriptifs ou dans des inventaires qui ressortissent plutôt à la géographie économique qu'à une véritable analyse des systèmes étudiés. Cette situation n'a rien d'anormal puisque les études sont, pour la plupart, de caractère exploratoire. Néanmoins, des données de ce type ne sont sans doute pas susceptibles d'éclairer vraiment les planificateurs.

5.1.2. Aspect quantitatif et qualitatif des études :

Pour passer de l'inventaire descriptif à l'analyse explicative et prévisionnelle, il ne faut pas oublier que la mise en valeur des ressources naturelles du Nordeste, nécessite non seulement des investissements et un apport de travail mais - et surtout - un changement dans les habitudes et les motivations des populations qu'on veut faire accéder à l'économie de marché. Les études intégrées devraient donc porter à la fois :

- sur l'aspect quantitatif des opérations (par exemple : analyse de coûts et bénéfices, en fonction des hypothèses fournies par les techniciens),
- sur les aspects qualitatifs du système socio-économique où se situent les projets.

5.1.3. Objectif essentiel des études :

Cette double orientation est indispensable. La détermination des paramètres locaux qui définissent la factibilité technico-économique d'un projet ne suffit nullement à garantir le succès en situation réelle. De

toute façon, ce n'est pas l'abondance de l'information qui est souhaitable, ni son expression sous forme de tableaux chiffrés et de graphiques : c'est l'organisation de cette information en une synthèse qui distingue clairement entre les éléments du système socio-économique susceptibles de changer et ceux qui tendent à rester stables. Si cet effort d'explication n'est pas tenté, les descriptions chiffrées n'aboutiront qu'à des recommandations formulant des objectifs sans indiquer les moyens de réalisation, donc privées de contenu pratique.

5.1.4. Contrôle des opérations sur le terrain :

Les études exploratoires devraient donc être suivies par des recherches approfondies, portant sur des unités restreintes mais représentatives. Ces recherches gagneraient à être suivies de très près sur le terrain par les personnes chargées de concevoir les enquêtes et d'interpréter les résultats. L'expérience montre que seul le contact direct et prolongé avec les populations étudiées permet de nuancer comme il convient les conclusions que l'on peut tirer des données brutes. Si une telle façon de procéder ne paraît pas possible, au moins faut-il exiger que les exécutants fournissent des renseignements très détaillés sur les méthodes et les techniques employées, les difficultés rencontrées, les échecs éventuels.

5.1.5. Cadre géographique des études :

Le fait que le cadre des études soit déterminé par les limites de bassin hydrologique ne semble pas gêner les responsables. Cette procédure risque pourtant de faire problème quand on s'intéresse à des zones économiques situées à cheval sur plusieurs bassins ; elle peut aussi masquer les complémentarités entre bassins. En fait, il semble bien qu'on ait eu tendance à privilégier la collecte des données récupérables au plan local, sans appréhender suffisamment les relations qui dépassent ce cadre et qui ont pu contribuer au retard économique du Nordeste : manifestations de dualisme à l'intérieur de la nation, phénomènes de domination économique internationale.

5.1.6. Recherche d'accompagnement :

En principe, le plan directeur est présenté comme l'aboutissement d'une séquence : études exploratoires - études de pré-factibilité - études de factibilité. Valable à la rigueur pour la mise au point technique des projets, cette conception peut se révéler insuffisante quand on recherche, à travers le succès d'un projet ou d'un ensemble de projets, une modification profonde et définitive du système socio-économique tout entier. Cette modification ne pouvant jamais être totalement planifiée, il conviendrait de prévoir un dispositif d'observation léger et permanent. Cette recherche d'accompagnement avait déjà été recommandée par la Mission FAO responsable des études dans la Vallée du Sao Francisco.

5.2. Suggestions pour la poursuite des recherches :

5.2.1. Nécessité d'une orientation méthodologique :

Certaines recommandations relatives à la poursuite des études se trouvent implicitement contenues dans les constatations précédentes et il est inutile d'y revenir. D'une manière plus générale, il y a lieu de se demander quelle serait pour le Département des Ressources Naturelles la façon la plus efficace d'orienter les études socio-économiques indispensables à tout projet de mise en valeur.

L'apport du DRN pourrait consister à formuler clairement les problèmes et à fournir des orientations méthodologiques, le tout sur la base d'un diagnostic permanent de la situation économique du Nordeste.

On prend conscience de la nécessité d'un tel apport quand on consulte les termes de référence établis pour les études socio-économiques dans les bassins des Rios Mearim et Itapecuru. Aucun point essentiel n'a été négligé, mais on souhaiterait que la collecte des données ait été orientée en fonction de questions plus précises.

Les réponses apportées à ces questions devraient permettre de saisir la structure et le fonctionnement d'un système en évolution, et d'indiquer ce qu'on peut en attendre.

5.2.2. Propositions pour un schéma de recherche :

Pour que la présentation des données se fasse davantage en fonction des exigences de l'analyse économique, il y aurait probablement lieu de s'inspirer des méthodes de la Comptabilité Nationale. Ce sont les seules, en effet, qui permettent de contrôler des équilibres problématiques, de réfléchir à la signification des soldes, de suivre l'évolution des flux et enfin de situer l'activité de la zone étudiée dans la région et la nation.

A la SUDENE, le Service de Coordination de la Planification Régionale (Grupo-Tarefa des Comptes Régionaux) utilise par exemple à l'échelle du Nordeste un modèle simplifié que l'on pourrait certainement adapter à des zones plus petites en fonction des besoins du D.R.N.. Ce modèle a l'avantage de poser deux questions essentielles :

- celle de la formation du capital,
- celle des relations avec l'extérieur (reste du Brésil et reste du monde).

Le modèle pourrait être affiné de manière à permettre un découpage des zones étudiées en sous-ensembles homogènes, ainsi qu'une analyse des relations entre milieu urbain et milieu rural. Dans ce but, on pourrait superposer à la distinction des productions par secteurs habituels une distinction entre :

- production rurale : volume, rendements, motivations des producteurs, statut des terres et des actifs,

-- production et valeur ajoutée urbaine (y compris celle de l'administration).

L'étude des consommations intermédiaires permettrait d'aborder l'analyse de la diversification des échanges régionaux, des relations avec l'extérieur, de la stabilité de ces relations et de leurs possibilités d'évolution. On pourrait de la sorte apprécier dans quelle mesure les relations de production permettent aux effets des interventions de se propager à l'intérieur du système socio-économique.

Compte-tenu des transferts publics et privés en provenance de l'extérieur, la connaissance des quantités produites et des consommations intermédiaires permet de calculer les revenus. On peut alors mesurer les consommations finales et l'investissement - Bien entendu, cette présentation rigoureuse des données chiffrées devrait s'appuyer sur une étude qualitative des comportements et des motivations qui fixent le niveau des agrégats et qui déterminent les équilibres.

A partir de ces divers renseignements, on serait en mesure de proposer un découpage de la zone étudiée en sous-ensembles homogènes et une classification des centres urbains autour desquels s'articulent ces sous-ensembles. Ainsi seraient conjugués les trois points de vue qui permettent de juger les situations et les évolutions économiques : mesure des quantités significatives, analyse des comportements, analyse spatiale. Il resterait à établir, compte-tenu de la précision souhaitée, la batterie d'indicateurs grâce auxquels on pourra suivre l'évolution de la zone. Sans entrer dans le détail, on peut donner quelques exemples :

- 1 - Indicateurs concernant l'organisation, le fonctionnement et le degré de spécialisation de la zone. Ils servent à repérer les blocages de croissance liés aux structures internes des différents milieux :
 - taux d'activité de subsistance
 - Salaires induits par les exportations
 - Valeur ajoutée urbaine rapportée aux exportations et aux transferts
 - Pouvoir multiplicateur des revenus sur la formation brute de capital fixe
 - Pouvoir multiplicateur des investissements, etc..
- 2 - Indicateurs de polarisation. Ils mesurent la polarisation des zones rurales par les centres urbains, et les effets de domination de l'extérieur : flux monétaires de biens et de services, mouvements migratoires, transferts, échanges etc..
- 3 - Indicateurs de niveau de vie : croissance du revenu par tête en fonction des différents milieux, élasticités de consommation, indices de prix...

5.3. Conclusion :

Comme on le voit, il s'agit surtout de tirer parti, grâce à une méthodologie plus rigoureuse, des données extrêmement riches qui se trouvent déjà rassemblées ou qui le seront dans un proche avenir. Ce résultat peut être atteint sans difficulté grâce à une collaboration toujours plus étroite entre les divers services de la SUDENE. Il le sera encore plus facilement si l'on n'oublie pas que bien souvent, les décisions et les phénomènes susceptibles de modifier un espace donné trouvent leur origine à l'extérieur de cet espace. Mouvements de capitaux, migrations, transformations du monde rural, peuvent parfois dépendre d'agents économiques étrangers à la région, et même à la Nation.

L'analyse régionale doit tenir compte de cette complication, même si cela l'oblige à poser des questions qui semblent dépasser le cadre de la région proprement dite.

CHAPITRE 6

CONCLUSION D'ENSEMBLE

La Mission Française a tenté d'évaluer les recherches que la SUDENE a effectuées ou patronnées dans le Nordeste du Brésil en matière de ressources naturelles. Cette évaluation se conclut par des remarques qui peuvent être résumées ainsi :

- 1°) Qu'elle soit fondamentale ou appliquée, la recherche a été conduite de manière indépendante dans les divers secteurs étudiés, avec chaque fois l'intention d'atteindre une efficacité et un rendement optimaux de cette recherche. Cette tendance à la sectorialisation, normale a priori, devrait cependant s'atténuer si l'on ne veut pas transmettre aux instances de décision une information insuffisamment intégrée.
- 2°) Il est arrivé que soit la recherche elle-même, lorsqu'elle était suffisamment développée, soit les secteurs de production et de consommation exploitant certaines ressources, prennent conscience que certains problèmes avaient atteint un seuil critique. Le niveau de décision s'est alors trouvé sensibilisé, la recherche a été orientée. Tel a été le cas entre autres pour la déficience en eau de la zone semi-aride (sertão), ou de la connaissance des stocks de la faune marine. Pour d'autres secteurs, cette sensibilisation n'a pas encore eu lieu.
- 3°) De ce fait, il existe un déséquilibre certain, au point de vue degré d'avancement, entre les secteurs de recherche déjà orientés et ceux dans lesquels la phase primaire de l'inventaire exploratoire est à peine abordée (conservation du sol et de l'eau). Ce déséquilibre peut être gênant dans l'avenir si l'on veut résoudre les problèmes de manière intégrée.
- 4°) La recherche conduite au début par le personnel de la SUDENE tend à être concédée de plus en plus aux entreprises privées ou à d'autres organismes publics. Il y a peut-être là un risque futur en ce qui concerne la continuité de la recherche et sa conception.
- 5°) Ces premières impressions ressenties à l'examen des diverses recherches sectorielles ne doivent pas empêcher qu'on souligne l'importance du travail réalisé, principalement en matière d'inventaire. Les résultats obtenus sont abondants, mais il semble que les méthodologies suivies aient eu surtout tendance à rechercher l'exhaustivité avant la mise en ordre des procédures et des domaines explorés.

Le Nordeste du Brésil atteint au cours de l'actuelle décennie un taux de croissance économique remarquable. Du fait même de cette croissance, de nombreux problèmes vont inévitablement surgir au niveau de la décision, dans plusieurs secteurs d'activité. Il s'agira par exemple de l'intensification

de l'agriculture sèche ou irriguée, de la transformation industrielle des produits agricoles, ou des besoins de l'industrie (infrastructure de communications, d'énergie et d'urbanisation). Tous ces problèmes naîtront soit des choix entre orientations de développement, soit des facteurs limitants (manque d'eau), soit enfin des distorsions et des freins qui ne manqueront pas de se manifester au cours du processus de croissance.

Par exemple, la colonisation intensive des régions du nord-ouest (Maranhão, Piauí) va se heurter à des sols très pauvres, dont la mise en valeur nécessitera d'importants investissements en produits fertilisants.

Des réponses devraient être fournies par la recherche, qui va, en conséquence, devenir une véritable recherche orientée, à objectifs sélectionnés.

Pour que la recherche satisfasse pleinement la demande des décideurs, il serait souhaitable :

- que l'aspect sectoriel s'efface lorsque nécessaire, au profit d'une approche réellement intégrée des ressources naturelles et des problèmes de leur mise en valeur,
- qu'un niveau de connaissances plus approfondies, donc plus précises et plus détaillées, soit recherché et le soit avec des méthodologies différentes de celles utilisées lors des inventaires. La recherche fondamentale doit se développer avec la volonté d'analyser les causes des situations inventoriées (meilleures connaissances des sols à partir d'une compréhension pédogénétique, analyse du fonctionnement des systèmes socio-économiques...),
- que le déséquilibre entre les divers secteurs soit réduit, en accroissant les recherches dans le domaine "conservation du sol et de l'eau", dans le domaine forestier, et en socio-économie,
- le développement rural occupant encore et pour longtemps une place importante dans l'économie Nordestine, l'analyse intégrée des ressources naturelles ne peut négliger le point de vue agronomique à côté du point de vue socio-économique. Pour préparer les décisions de planification, spécialistes des ressources naturelles, agronomes et socio-économistes doivent oeuvrer en étroite collaboration.

Afin que cette recherche ait le caractère indispensable de continuité et d'efficacité, il est nécessaire que l'Etat soit imprégné des travaux de recherches menés dans diverses directions et par des chercheurs de toutes origines. En conséquence, l'Etat doit lui-même participer à cette recherche afin d'être toujours en mesure de l'orienter et, dans le cas d'études qu'il confie à certains Organismes, de pouvoir concevoir clairement celles-ci, d'imposer le cas échéant sa méthodologie et d'être apte à en contrôler les résultats.

Aux niveaux de la recherche et de la planification, le brassage des esprits est une source d'enrichissement et un facteur de développement.

En matière de planification, le noyau de base pourra ainsi jouer pleinement un rôle d'orientation, de contrôle et de synthèse, comme on l'observe déjà au moins dans une Division du DRN, s'il s'adjoit momentanément autant de spécialistes que nécessaire.

*

Ce rapport a exposé de manière concise des propositions de recherches et les méthodologies adéquates. Un futur objectif de recherche prioritaire ne pourrait être atteint que si la méthodologie correspondante était détaillée afin d'être opérationnelle ; il va de soi qu'une telle méthodologie ne pouvait pas être incluse dans le corps de ce rapport.